

디지털 사진영상의 크기조절과정에서 유실되는 정보를 이용한 비트심도의 확장

Research for Bit-depth Conversion Development by Detection Lost Information to
Resizing Process for Digital Photography

조두희, 비벡 마이크, 백준기, 하동환
중앙대학교 첨단영상대학원

Do-Hee Cho(doit73@hanmail.net), Vivek Maik(vivek5681@hotmail.com),
Joon-Ki Paik(paikj@cau.ac.kr), Dong-Hwan Har(dhhar@msn.com)

요약

디지털 사진영상은 8비트의 음영으로 이루어져있다. 이것은 0부터 255까지, 총 256 단계의 레벨값으로 나뉘지며 자연수에 해당하는 음영만을 표현하고 소수점 이하 실수 자리의 음영은 표현할 수 없다. 하지만 영상의 크기조절과정을 수행할 때 보간 수식에 의하여 소수점이하자리가 발생하게 되지만 최종적인 출력에서는 '버림연산'에 의하여 사라지게 된다. 본 연구에서는 이렇게 버려지는 소수점 이하 자리를 이용하여 사진영상의 비트 심도를 확장할 수 있는 방법을 제시한다. 이것은 크기조절 이후 콘트라스트 조절에 사용하여 사진영상의 해상도 저하를 최소화 하는데 사용한다. SFR 측정을 통하여 포토샵 결과와 비교할 경우 본 연구에서 제시하는 방법이 원본의 특성을 더 잘 유지함을 알 수 있다.

■ 중심어 : | 디지털 사진 | 영상 처리 | 비트심도 | 크기조절 | 양선형 보간법 | 모아레 현상 | SFR 측정방법 |

Abstract

A digital image usually has 8 bits of depth basically representing pixel intensity ranging for [0 255]. These pixel range allow 256 step levels of pixel values in the image. Thus the greyscale value for a given image is an integer. When we carry out interpolation of a given image for resizing we have to round the interpolated value to integer which can result in loss of quality on perceived color values. This paper proposes a new method for recovering this loss of information during interpolation process. By using the proposed method the pixels tend to regain more original values which yields better looking images on resizing.

■ keyword : | Digital Photography | Image Processing | Bit-Depth | Resizing | Bilinear Interpolation | Moire Effect | Spacial Frequency Response |

I. 서론

1. 연구의 목적

최근 디지털 카메라 관련 기술이 매우 빠르게 발전함에 따라 센서의 크기뿐만 아니라 단위 면적당 화소수도 크게 증가하여 1억 픽셀이 넘는 디지털 카메라가 시판

* 본 연구는 서울시 산학연협력사업으로 구축된 서울 미래형콘텐츠 컨버전스 클러스터 지원으로 수행되었습니다.

* 이 논문은 2009년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 BK21사업 지원을 받아 수행된 연구임.

접수번호 : #090204-001

심사완료일 : 2009년 02월 16일

접수일자 : 2009년 02월 04일

교신저자 : 하동환, e-mail : dhhar@msn.com

되기에 이르렀다. 이러한 기술로 촬영된 고해상도 사진 영상들은 대부분 사용자의 최종목적에 맞게 크기, 색감, 톤 등을 조절하여 사용하는 것이 일반적이는데 이 과정에서 많은 양의 해상도 정보가 유실된다는 문제가 발생한다. 이 때 손실되는 정보들을 재활용 할 수 있다면 촬영 당시에 얻은 한정된 데이터를 보다 효율적으로 관리할 수 있을 것이라는 것이 본 연구의 출발점이다.

사진영상의 크기를 해상도의 유실 없이 조절하기 위하여 보간법(Interpolation)에 관한 다양한 연구가 있었다. 보간법은 어떤 두 가지 이상의 변수 값에 대한 함수가 존재할 경우, 그 두 변수 사이의 임의의 값 x 에 대한 함수값을 측정하는 것을 말하며, 크게 Nearest Neighbor(인접 화소) 보간법, Bilinear(양선형) 보간법, Bicubic(고등 차수) 보간법으로 나눌 수 있다[3][10][11][13][23][24]. Adobe Photoshop 에서는 이 보간법을 그대로 사용하고 있는데 최단인접, 쌍선형, 쌍입방 보간법으로 불리며, 쌍입방 보간법을 변형시킨 두 가지 방법을 더하여 총 다섯 가지 함수를 선택적으로 적용할 수 있다.

[그림 1]은 원본 영상에 각 보간법을 적용하여 50%로 축소한 결과로 각 보간법의 결과를 비교한 것이다. 각 보간법에 따라 고주파 성분(High Frequency)으로 구성된 아기의 모자부분에서는 모아레 현상(Moire effect)이 나타나기도 한다. 모아레 현상은 보간법이 주파수 특성, 에지(edge) 특성, Multi-resolution의 특성, 보간되는 값 주변의 패턴 등을 고려하지 않았기 때문에 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 Bilinear 와 Bicubic 보간법 등은 인접화소를 고려한 수식을 사용한다. 이것은 사진영상 크기조절과정에서 블러링 현상(Blurring effect)을 수반하게 만들어 모아레 현상을 감소시킨다[2].

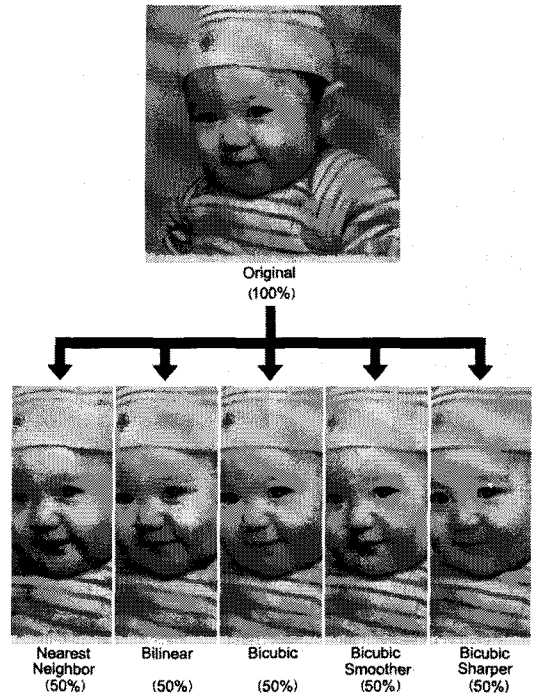


그림 1. Photoshop의 보간법들의 적용결과

하지만 [그림 1]과 같이 Bilinear 와 Bicubic 보간법에서 여전히 모아레 현상을 발견할 수 있다. Bicubic Smoother 나 Bicubic Sharper 보간법은 이러한 문제를 해결한 방법으로 좋은 결과를 보여준다. 이것은 Multi-resolution pyramid representations, Laplacian pyramid 등의 많은 보간기술의 개발로 가능하게된 것이다[18][21]. 이 기술들은 영상의 영역별로 보간 함수의 특성을 다르게 적용하여 블러링 현상을 조절함으로써 모아레 현상을 제거하였다. 하지만 이러한 연구들은 시각적인 해상도를 원본과 같게 유지시키기 위한 방법일 뿐, 물리적인 데이터의 양은 줄어들 수밖에 없다는 한계가 있다.

촬영된 사진영상은 크기뿐만 아니라 경우에 따라 콘트라스트나 채도 등이 조절하여 사용하기도 하는데, 이때 역시 많은 양의 정보가 유실된다[8]. 이것이 시각적으로도 인식할 수 있게 되는 경우 이것을 밝기 등고선(Brightness contouring) 또는 포스트라이제이션(Posterization) 이라고 부른다[16]. 이러한 문제들은 이미 많은 연구와 기술개발을 통하여 개선되어지고 있는

데, 예를 들면 RAW 파일 포맷을 이용하여 보다 높은 비트 심도를 갖는 영상을 획득함으로써 가능해진다 [20]. RAW 파일은 RAW 컨버터(Raw file converter)에 의하여 베이어 보간(Bayer interpolation)과정을 거치게 되는데, 이때 일부 보정 과정을 함께 실행하여 베이어 보간 이후에 후보정으로 인한 데이터 유실을 방지할 수 있다[12]. 하지만 촬영 당시 반드시 RAW 포맷을 이용하여 촬영해야한다는 단점을 갖고 있다. 또한 RAW 파일 컨버터를 거쳐 생성된 사진영상은 더 이상 원본 영상이 갖는 비트심도로 돌아갈 수 없다. 이것은 후보정이나 크기조절 등을 통하여 해상도가 계속적으로 열화되기 마련이다. 그밖에도 12bit나 14bit 등과 같이 미세한 비트심도를 이용하여 사진영상을 다룰 경우 8bit 영상에 비하여 언급한 문제가 감소될 수 있다.

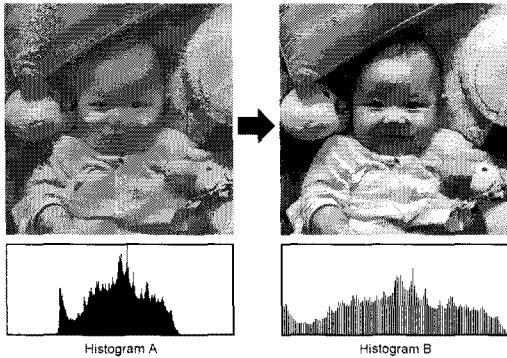


그림 2. 콘트라스트 조절에 의하여 유실된 해상도

하지만 정도의 차이만 있을 뿐 여전히 문제는 발생할 수 있으며 근본적인 해결책은 될 수 없다. [그림 2]는 8 비트 사진영상에 커브 그래프를 조절하여 콘트라스트를 조절한 후, 히스토그램의 변화를 확인한 것이다. 원본 사진영상의 히스토그램에서 특정부분의 정보가 유실된 것을 볼 수 있다. 그러나 한 번 유실된 정보는 다시 복원할 수 없다. 본 연구에서는 컴퓨터상에서 사진영상의 크기, 색, 톤 등을 조절할 때 필수적으로 나타나는 정보의 유실을 최소화하는 방법을 제시함으로써 고 해상도 사진영상을 유지하는데 도움을 주고자 한다.

2. 연구의 가설

조두희는 2006년 발표한 연구에서 노이즈의 특성을 설명하면서 여러 개의 픽셀들이 모인 집단을 하나의 픽셀로 인지하게 될 때 소수점 이하자리가 표현될 수 있음을 언급하였다. 예를 들어, 만약 우리 눈이 인지할 수 있는 최소단위가 하나의 픽셀크기보다 큰 네 개의 픽셀 크기라고 가정할 경우, 네 개의 픽셀들 중 세 개의 픽셀 레벨값은 128이고, 단 하나만 129라고 가정 한다면, 우리 눈이 느끼는 음영의 레벨값은 128보다는 조금 높은 128.25가 될 것이다. 이것은 소수점 이하자리의 표현을 가능케 하는 것으로 높은 해상도와 관측거리에 의하여 음영단계의 범위를 세분화 할 수 있음을 나타낸다.

이러한 원리는 사진영상을 물리적으로 크기를 조절할 때에도 적용할 수 있을 것으로 기대된다. 크기조절 과정은 조절하려는 비율에 따라 인접화소와 병합하게 되는데 이때 결과 값은 소수점 이하 자리가 생기기 마련이다. 하지만 기존의 영상처리 과정에서는 8비트 음영으로 출력하기 위하여 소수점 이하를 버리고 사진영상으로 출력하였다. 이렇게 버려지는 소수점 이하 자리를 높고 낮은 순위에 따라 다시 배치한다면 더욱 높은 비트심도(Bit-depth)를 얻을 수 있을 것이다. 또한 이것은 콘트라스트 조절과 같이 영상처리과정에서 잃어버릴 수 있는 해상도를 복원하는데 활용할 수 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 이것을 증명하기 위하여 기존의 크기조절 보간 방법을 향상시킨 프로그램을 구현하고자 하였다. 이 프로그램은 축소과정으로 한정되며 이를 통하여 새롭게 구성된 각 픽셀들의 비트심도를 확장시킬 뿐만 아니라, 최종 출력을 위하여 콘트라스트를 조절할 경우 확장된 비트심도를 이용하여 열화되는 정보를 복원할 수 있을 것으로 기대된다.

II. 본 론

1. Bilinear 보간 함수를 이용한 소수점 이하자리의 검출

본 연구에서는 비교적 구현이 쉽고 계산속도가 빠른 Bilinear 보간법을 개선하여 비트심도를 확장할 수 있는 방법을 제시한다. Bilinear 보간법은 일반적으로 1차보

간법이라고 부르며, 어떤 화소를 기준으로 위, 아래, 좌, 우에 위치한 4개 화소들에 대한 가중 평균치를 구하여 출력한다[10]. 이때, 가중 평균계산은 대상 화소와 이웃하는 화소가 얼마나 가까운지에 비례한다. 다음 [그림 3]은 Bilinear 보간법의 개념을 나타내고 있다. 보간하고자 하는 P점의 x축을 기준으로 R1과 R2를 구하고, 이 값을 y축을 기준으로 P점의 값을 구한다.

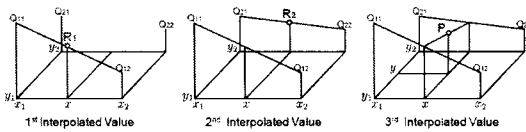


그림 3. Bilinear 보간법의 개념

식1은 x축을 보간하기 위한 것으로 구하고자 하는 R1의 가로, 세로 위치가 [그림 3]의 x, y1과 같아야 한다. R2를 구하기 위한 방법은 R1의 측정 방법과 같다.

$$f(R_1) \approx \frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} f(Q_{11}) + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} f(Q_{12}) \quad \text{where } R_1 = (x, y_1),$$

$$f(R_2) \approx \frac{y_2 - y}{y_2 - y_1} f(Q_{21}) + \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} f(Q_{22}) \quad \text{where } R_2 = (x, y_2). \quad (1)$$

식2는 y축을 보간하기 위한 것으로 찾고자 하는 P의 값을 x축에서 계산된 R1과 R2의 값을 이용한다.

$$f(P) \approx \frac{y_2 - y}{y_2 - y_1} f(R_1) + \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} f(R_2). \quad (2)$$

1차적으로 언급한 Bilinear 수식을 이용하여 Photoshop의 결과와 유사하게 프로그램을 만들었다. [그림 4]는 원본 사진영상과 Photoshop에서 Bilinear 보간법으로 50% 축소된 사진영상, 그리고 본 연구에서 구현한 Bilinear 보간 프로그램으로 50% 축소된 사진영상이다. 이 결과들을 비교해 보면 Photoshop에서 구현한 결과와 제시하는 프로그램으로 구현한 결과가 매우 유사하다는 것을 알 수 있는데, 그 이유는 같은 보간 수식을 사용했기 때문이다. 그러나 완벽하게 똑같지 않은 이유는 세부적인 프로그램 디자인이 다르기 때문이다. 이 결과들은 축소 보간 과정에서 발생하는 소수점 이하

자리에 대하여 버림연산을 수행하고 정수만으로 얻은 결과이다. 하지만 본 연구에서는 소수점 이하자리를 매우 중요하게 취급함으로써 보간 과정을 일부 수정해야 한다.

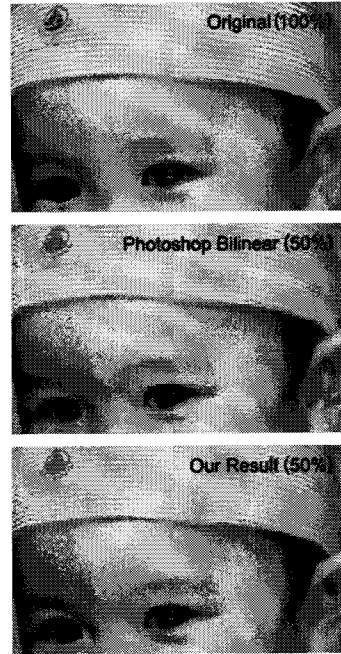


그림 4. Photoshop의 Bilinear 보간 결과와 본 연구에서 구현한 Bilinear 보간 결과의 비교

식1과 식2에 실제 레벨값을 적용해 보기 위하여 [표 1]과 같이 각 변에서 실제 레벨값과 위치변수를 입력한다. 이 결과로 생성되는 P값은 152.5가 나온다. 하지만 이것은 실제로 계산한 결과값이고, 일반적인 보간 프로그램에서는 결과값의 소수점 이하자리를 버리고 출력하기 때문에 152가 나온다. 이렇게 버려지는 소수점 이하자리를 살리기 위하여 다음 순서도와 같은 프로그램을 추가한다[그림 5].

표 1. 실제 적용을 위한 레벨값과 계산된 P값

각 픽셀의 Level 값				x축 위치			y축 위치			결과
Q ₁₁	Q ₁₂	Q ₂₁	Q ₂₂	x ₁	x	x ₂	y ₁	y	y ₂	P
154	152	153	151	1	1.5	2	1	1.5	2	152.5

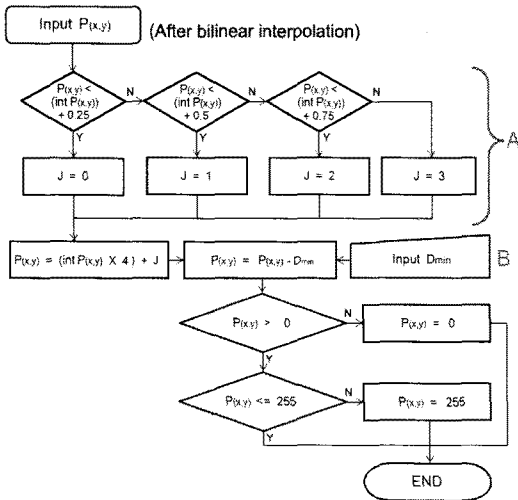


그림 5. 버려지는 소수점 이하자리 복원을 위한 프로그램 순서도

입력되는 $P(x,y)$ 는 Bilinear 보간 과정을 거친 상태로 소수점 이하자리를 포함하는 실수정보이다. 이 프로그램은 입력되는 정보를 소수점 이하자리의 크기에 따라 네 단계로 구분하여 정수화 시킨다. 결국 256단계의 8비트 음영정보는 보간 과정과 제시하는 별도의 프로그램을 통하여 1020단계로 세분화된다. 1020단계의 음영은 다시 8비트 영역 내에서 출력하기 위하여 특정부분의 256단계만 출력하고 나머지 단계는 버리게 된다. 결국 이것은 콘트라스트를 조절한 결과를 얻게 되는 것이다. 톤을 세분화 시키는 범위는 [그림 5]의 순서도에서 A영역의 수를 변화시킴으로 조절할 수 있고, 출력 범위의 선택은 입력되는 $Dmin$ 값(B)을 이용하여 조절할 수 있다.

[그림 6]은 원본 사진영상과 콘트라스트를 조절한 영상, 그리고 본 연구에서 제시하는 방법을 이용하여 개선한 영상을 비교하여 보여주고 있다. 관찰결과, 콘트라스트를 조절한 영상과 제시하는 방법으로 개선한 영상을 육안으로 비교해 보면 매우 유사한 결과를 보인다. 하지만 이 영상들의 히스토그램들을 비교해 보면 차이를 알 수 있다. 일반적인 방법으로 콘트라스트를 조절한 사진영상은 레벨값의 홀수 부분에는 데이터가 존재하지 않음을 볼 수 있다. 하지만 제시하는 방법으로 얻은 결과의 경우 모든 영역의 데이터가 존재한다. 이것

은 한 단계의 레벨값을 두 단계로 분리한 결과로 원본 사진영상에 비하여 두 배로 넓은 히스토그램을 얻었기 때문에 가능한 것이다.

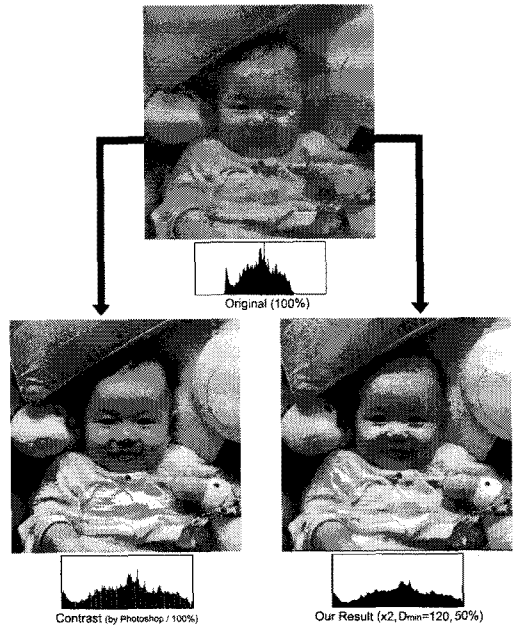


그림 6. 원본 사진영상과 콘트라스트를 조절한 결과, 본 연구에서 제시한 방법으로 얻은 결과들의 비교

[그림 7]은 뇌의 절단면을 촬영한 원본 사진영상과 제시하는 방법으로 얻은 결과들을 보여주고 있다. 이것은 한 단계의 레벨값을 네 단계로 분리하고 $Dmin$ 값을 100 단위로 변화시켜가며 적용한 것이다. 각각의 영상은 매우 좁은 범위의 다이내믹레인지를 표현하고 있지만 모든 범위에 정보가 고르게 분포되어 있어서 정밀하게 관찰해야할 경우 매우 유용하다. [그림 8]은 뇌의 일부분을 확대한 사진영상으로 원본과 콘트라스트 범위를 달리한 두 장의 결과들이다. 원본 사진영상의 히스토그램에서 붉은색, 파랑색, 녹색으로 표시된 부분이 결과 사진영상에서 각각 확장된 것을 알 수 있다. 시각적으로 원본에서는 찾을 수 없었던 디테일을 결과 사진영상에서는 찾을 수 있으며, 히스토그램을 통하여 레벨값에 유실되는 정보가 없다는 것을 알 수 있다.

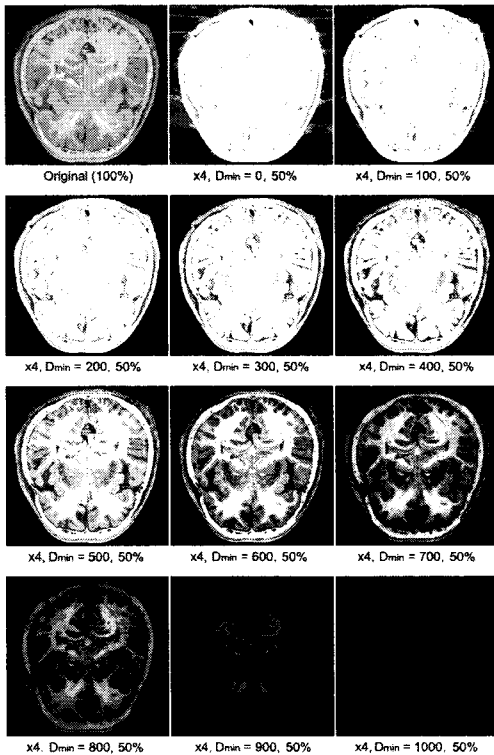


그림 7. 원본 사진영상과 Dmin값을 100단위로 변화시켜 가며 50%로 축소한 결과

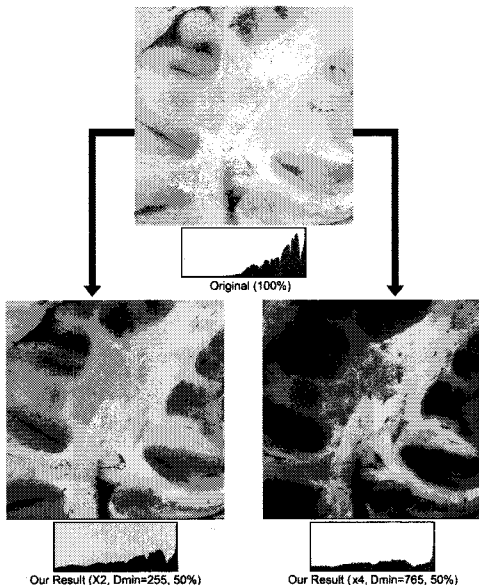


그림 8. 원본 사진영상과 콘트라스트 범위가 조절된 사진영상들

2. 제시하는 방법의 해상도 분석

지금까지 Bilinear 보간법을 개선하여 비트심도를 확장할 수 있는 방법에 대하여 알아보았다. 이 장에서는 일반적인 축소 및 콘트라스트 조절과정과 제시하는 방법의 개선정도를 비교하기 위하여 ISO12233에서 제시하는 SFR(Spatial Frequency Response) 해상도 측정법을 이용하여 분석하였다. 측정을 위하여 ISO12233 표준 타깃을 규격에 맞게 촬영한다. 이때 사용한 카메라는 Sigma사의 SD10을 사용하였고, 렌즈는 Sigma사의 24mm 렌즈(1:1.8EX DG Macro)를 사용하였다. 카메라의 선택 이유는 Sigma SD10 카메라에서 사용하고 있는 Foveon 센서 특성 때문이다. 이 센서는 기존에 많이 사용되고 있는 모자이크 방식 센서들에 비하여 모아레(Moire) 현상을 더 많이 만들어낸다. 이 현상은 제시하는 방법의 SFR 특성 분석 및 비교에 사용하게 된다.

촬영조건은 ISO12233을 따르며 화이트 밸런스만 커스텀 화이트 밸런스를 사용하였다. [그림 9]는 ISO12233 표준 타깃을 보여주고 있다. 여기에서 붉은색으로 표시된 부분은 ROI(Region Of Interest)라고 부르며 SFR 해상도 측정에 사용된다. 측정 프로그램은 I3a(International Imaging Industry Association)에서 제공하는 SFRwin을 사용하였다.

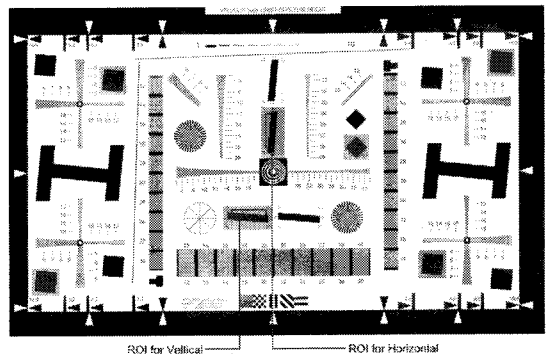


그림 9. ISO12233 표준 타깃과 SFR 측정을 위한 ROI 영역

ISO12233 표준 타깃을 통한 SFR측정은 가로 해상도와 세로 해상도 측정으로 나누어진다. [그림 10]은 축소보간에 따른 가로 해상도 측정 결과들을 보여주고 있다. 그래프 A는 원본 사진영상에 대한 SFR 특성이며,

그래프 B는 Photoshop에서 Bilinear 보간법을 이용하여 50% 축소하고 콘트라스트를 조절한 영상의 SFR 특성을 보여주고 있다. 그리고 그래프 C는 제시하는 방법으로 얻는 결과의 SFR 특성을 보여주고 있다. 각 그래프에서 물리적 해상도를 더 이상 구분할 수 없는 Nyquist 영역을 비교해보면 Photoshop에서 보간된 영상에 비하여 본 연구에서 제시한 방법의 결과가 원본 사진영상과 근접한 것을 확인할 수 있다. Nyquist 영역을 넘는 부분은 모아레 현상이 발생할 수 있기 때문에 그래프의 Nyquist 수치가 낮은 것이 좋으며, Photoshop Bilinear의 특성과 비교했을 때 본 연구에서 제시하는 방법의 SFR 특성이 더 좋게 나온 것을 알 수 있다.

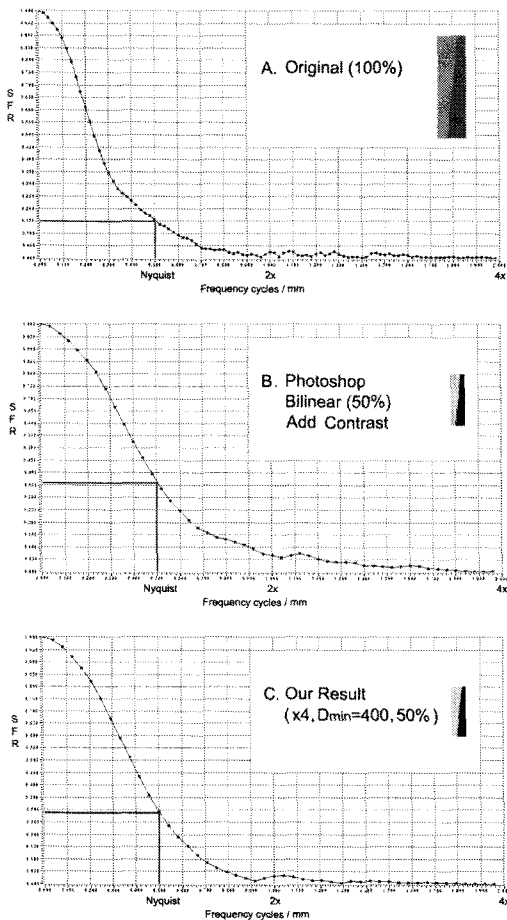


그림 10. 원본 영상과 축소 방법에 따른 SFR 그래프

III. 결론 및 고찰

디지털 카메라로 촬영된 고해상도의 사진영상은 대부분의 경우 많은 양의 데이터가 유실될 수 있는 후보정을 거치게 되는데, 본 연구에서는 그 중 사진영상의 크기 변화시 유실될 수 있는 데이터를 비트심도로 재활용하여 콘트라스트를 조절할 수 있는 방법을 제시하였다. 이것을 기존의 크기조절방법과 비교하여 개선정도를 살펴본 결과, 본 연구에서 제시하는 방법은 크기조절로 인하여 사라지는 정보를 이용하기 때문에 원본 데이터가 갖고 있는 해상도의 유실을 최소화 할 수 있고, 영상품질 역시 기존의 방법에 비하여 향상시킬 수 있다는 것을 알 수 있었다.

이 연구의 가설을 증명하기 위하여 Bilinear 보간법을 개선하였다. 그러나 일반적으로 Bilinear 보간법보다 Bicubic Smoother 나 Bicubic Sharper와 같은 보간법을 많이 사용한다. 그 이유는 이들 보간법은 사진영상에 분포된 주파수 성분을 고려하여 시지각적으로 안정된 영상을 얻게 하는 장점을 갖고 있기 때문이다. 이러한 장점이 있는 보간법들을 본 연구에서 제시하는 방법과 함께 연구한다면 보다 좋은 결과를 얻을 수 있을 것이다. 또한 본 연구에서는 콘트라스트 조절만을 이용하여 연구의 가설을 증명하였다. 하지만 색조 조절, 채도 조절, 화이트 밸런스 조절 등, 대부분의 영상처리에 이용할 수 있을 것으로 생각되며 이를 위한 후속연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] 김유진, 하동환, “인간의 시각특성 및 JND 측정을 통한 디지털사진의 PPI 수치 결정에 관한 연구”, 한국사진학회지 No.19, 2008.
- [2] 김태양, 전영균, 정재창, “새로운 거리 가중치와 지역적 패턴을 고려한 적응적 선형보간법”, 한국통신학회논문지, Vol.31 No.12C, 2006.
- [3] 고성제, 김재원, “DIPSIM을 이용한 디지털 영상 처리”, 서울 : 대영상, 2002.

[4] 노연숙, "사진 유저를 위한 디지털 암실", DigitalBooks, 2006.

[5] 정성태, "실용영상처리", 생능출판사, 2005.

[6] 다케무라 야수오(정차근역), "디지털CCD 카메라 기술", 도서출판 미래컴, 2001.

[7] 류철, (주)에디텍, "LABSTAR 디지털영상처리", 도서출판 인터비전, 2003.

[8] 조두희, "양자화 오차 검출을 통한 디지털 사진의 다이내믹레인지 변환 시스템 개발에 관한 연구", 상명대학교 석사학위청구논문, 2004.

[9] 조두희, "노이즈UP=디지털사진UP?", 사진예술 Vol.207, 2006.

[10] 조성은, "CCTV 영상 화질 향상 프로그램 개발 연구", 중앙대학교 석사학위청구논문, 2005.

[11] J. Anil, "Fundamentals of Digital Image Processing(8th ed.)", Prentice Hall, 2005.

[12] F. Bruce, "Real World Camera Raw with Adobe Photoshop CS2", Peachpit press, 2005.

[13] R. Crane, "A Simplified approach to Image Processing", Prentice Hall, 1997.

[14] M. Dan, "Photoshop LAB Color", Peachpit Press, 2006.

[15] R. Erik, W. Greg, P. Sumanta, and D. Paul, "High Dynamic Range Imaging: Acquisition, Display, and Image-Based Lighting", Morgan Kaufmann, 2005.

[16] B. Gregory(권준식, 김동욱, 김진태, 김태은, 송호근, 차국찬, 최종호, 최종수 역), "디지털 영상처리 이론 및 응용", 홍릉과학출판사, 2000.

[17] B. Gregory, "Digital Image Processing: principles and application (2nd ed.)", Prentice Hall, 2003.

[18] G. Hayit, A. Charles, and A. Shimon, "Image enhancement by nonlinear extrapolation in frequency space," IEEE Trans. on Image Processing, Vol.9, No.6, pp.1035-1048, 2000.

[19] International Organization for Standardization, "ISO 12233 Photography - Electronic

Still-Picture Camera - Resolution Measurements(2nd Edition)," 2005.

[20] C. Jon, "RAW101 Batter Images with Photoshop and Photoshop Elements," SYBEX, 2005.

[21] W. Knox, C. Daniel, and H. Sheila, "Regularity-preserving image interpolation," IEEE Trans. on Image Processing, Vol.8, No.9, pp.1293-1297, 1999.

[22] E. Martin(조운철역), "Adobe Photoshop CS3 for Photographers," 해담, 2006.

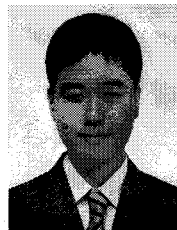
[23] I. Pitas, "Digital image processing algorithms and applications," John Wiley & Sons, 2000.

[24] G. Rafael and W. Richard, "Digital Image Processing (3rd Edition)," Prentice Hall, 2007.

저자 소개

조 두 희(Do-Hee Cho)

정희원



- 2000년 : 상명대학교 예술대학 사진학과 졸업(B.A.)
 - 2004년 : 상명대학교 예술디자인 대학원 사진학과 석사 졸업 (M.A.)
 - 2006년 : 중앙대학교 첨단영상대학원 박사과정 수료
 - 현재 : 중앙대학교 첨단영상대학원 디지털 과학사진 연구실 선임연구원
- <관심분야> : 디지털 영상, 영상처리, 특수영상

비벡 마이크(Vivek Maik)

정희원



- 2003년 : Cochin University (India), Electronics and Communication(B.A.)
- 2005년 : 중앙대학교 첨단영상대학원 석사과정 졸업(M.A.)
- 2007년 : 중앙대학교 첨단영상대

학원 박사과정 수료

- 현재 : 중앙대학교 첨단영상대학원 시각,지능 시스템 연구실 선임연구원
- <관심분야> : 영상 개선 및 복원, 비디오 압축표준

백준기(Joon-Ki Paik)

정회원



- 1984년 : 서울대학교 제어계측 공학과 졸업(B.A.)
- 1987년 : Northwestern University, electrical engineering and computer science(M.A.)
- 1990년 : Northwestern University, electrical engineering and computer science(Ph.D)
- 1990년 ~ 1993년 : 삼성전자 반도체부문 마이크로사업부 선임연구원
- 1993년 ~ 1999년 : 중앙대학교 전자공학과 교수
- 1999년 ~ 현재 : 중앙대학교 첨단영상대학원 교수
- <관심분야> : 영상 복원, 신호처리, 반도체

하동환(Dong-Hwan Har)

정회원



- 1993년 : Brooks Institute of Photography, Industrial/Scientific Photography(B.A.)
- 1994년 : Ohio University, Visual Communication(M.A.)
- 2005년 : 한양대학교 교육대학원 (Ph.D)
- 1999년 ~ 현재 : 중앙대학교 첨단영상대학원 교수
- <관심분야> : 과학사진, 특수영상