

세방향 필터 접근법에 기반한 새로운 디모자익싱 기법

김 태 권* · 김 기 윤**

A new demosaicing method based on trilateral filter approach

Kim Taekwon · Kim Kiyun

〈Abstract〉

In this paper, we propose a new color interpolation method based on trilateral filter approach, which not only preserve the high-frequency components(image edge) while interpolating the missing raw data of color image(bayer data pattern), but also immune to the image noise components and better preserve the detail of the low-frequency components. The method is the trilateral filter approach applying a gradient to the low frequency components of the image signal in order to preserve the high-frequency components and the detail of the low-frequency components through the measure of the freedom of similarity among adjacent pixels. And also we perform Gaussian smoothing to the interpolated image data in order to robust to the noise. In this paper, we compare the conventional demosaicing algorithm and the proposed algorithm using 10 test images in terms of hue MAD, saturation MAD and CPSNR for the objective evaluation, and verify the performance of the proposed algorithm.

Key Words : Bayer Pattern Demosaicing, Color Filter Array, Bilateral Filter, Trilateral Filter, CPSNR

I. 서론

최근 영상 획득을 위해 디지털 카메라가 널리 보급되고 있다. 일반적으로 디지털 카메라로부터 한 장의 컬러 영상을 획득하기 위해서는 센서 배열이 RGB 채널(channel) 각각 3장으로 구성되어야 풀컬러(full color)영상을 획득할 수 있다. 그러나 이는 비용이 많이 요구되고 영상 획득 디바이스의 크기 증가와 더불어 메모리 용량도 커지기 때문에 휴대성을 요구하는

최근의 기술 동향에 비추어 볼 때 디바이스의 비용적인 측면과 소형화 관점에 있어 여러 단점이 존재하게 된다. 비용과 크기를 줄이기 위한 일련의 노력들의 일환으로 세 개의 플레인(plane)으로 구성된 3장의 RGB 컬러 채널을 단일 채널 센서로 구성하는 접근 방법은 더욱 부각될 수 밖에 없다. 이때 단일 채널 센서에 RGB컬러 채널 배열을 적용하는 방법이 흔히 회자되는 CFA(Color Filter Array) 방법이다. 본 논문에서는 영상의 고주파 성분을 잘 보존하면서도 영상잡음에 강건하고 저주파수 성분의 디테일을 잘 보존해주는 세방향(trilateral) 필터 접근 방법에 기반한 컬러

* (주)오스테오닉 이사

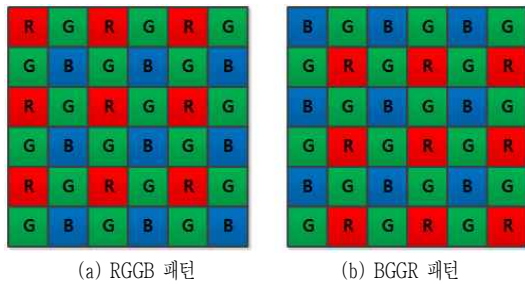
** 명지전문대학 전기과 부교수(교신저자)

보간 방법을 제안한다. 먼저 II 장 본문에서는 디모자이크(demosaicing) 기술의 동향, 세방향 필터 이론적인 배경이 되는 양방향 필터를 소개하고 이를 토대로 세방향 필터 접근 방법에 근간을 둔 컬러 보간 방법을 소개한다. III 장에서는 실험 결과를 통해 제안 알고리즘의 우수성을 증명하고 마지막으로 IV 장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 본문

2.1. 디모자이크 기술의 소개

CFA 배열 방법 중 가장 널리 알려진 것은 <그림 1>에 보이는 Bayer CFA 패턴이다[1-2].



<그림 1> Bayer CFA 패턴

<그림 1>에서 보는 바와 같이 단일 센서 내의 컬러 배열은 특정 위치에 오직 하나의 컬러 채널 신호만 존재하고 나머지 두 채널의 컬러 성분은 손실되게 된다. 따라서 단일 컬러 센서에서 완전한 RGB의 3채널 컬러 영상을 얻기 위해서는 특정 위치에 손실된 두개의 컬러 채널을 추정(혹은 보간(interpolation))하여야만 한다. 이러한 컬러 보간 과정을 De-bayering, CFA filtering, 혹은 디모자이크(demosaicing)이라고 한다[2]. 현재 비용적인 측면과 런타임 등을 고려해

볼 때 가장 널리 사용되고 있는 방법은 선형 컬러 보간법(Bilinear Interpolation)이다[2-3]. 이는 인접 픽셀로부터 평균을 취해서 손실된 데이터를 보간하는 매우 빠르면서 간단한 방법이지만 하나 평균 필터가 본질적으로 내재하고 있는 영상의 세밀도(sharpness) 혹은 고주파 성분 관점에서 바라볼 때 매우 취약한 특성을 나타낸다. 따라서 영상의 세밀도 혹은 고주파 성분을 보존하면서 손실된 컬러 데이터를 보간하는 방법들(spline, edge directed, edge sensing approach)이 소개되었다[4-9]. 이러한 제안 방법들은 고주파 성분을 잘 보존하면서 컬러 성분 보간을 수행하지만 영상 획득 디바이스에 영상 신호의 고주파 성분 중에 하나인 잡음이 발생할 경우 이러한 영상 잡음도 같이 상존하게 되는 취약점을 나타낸다. 또한 영상의 고주파 성분(일반적으로 image edge 부분)을 잘 보존하면서 임펄스성(impulsive) 노이즈에 강건한 미디언(median) 계열의 디모자이크가 제안되었으나[10], 이는 데이터를 정렬(sorting)하는데 많은 시간이 소요될 뿐만 아니라 무엇보다도 최종 결과물에 수채화 효과를 나타내는 인위(artifact)가 발생하기 때문에 실제 적용에 부적절하다. 최근 이러한 영상의 고주파 성분을 잘 보존하면서도 영상 잡음에 강건한 특성을 나타내는 양방향(bilateral) 필터 접근법이 제안되었으나[11-12], 영상의 저주파수 성분의 디테일(detail)을 떨어뜨리는 단점을 나타내었다. 따라서 본 논문에서는 양방향 필터가 영상 잡음에 대해 강건하지만 이 필터의 단점으로 부각된 영상저주파수 성분의 디테일의 떨어짐을 인접 픽셀의 그래디언트(gradient)를 통해 개선할 수 있는 세방향 필터 접근법을 제안한다.

2.2. 양방향 필터

양방향 필터는 영상의 고주파 성분인 에지(edge) 보존 스무딩이라고 알려진 노이즈 저감 필터링 기법

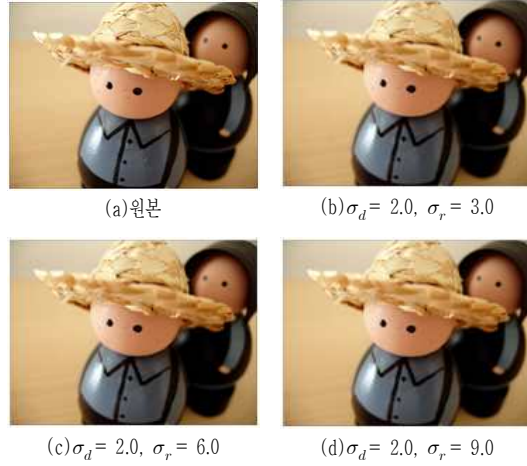
중에 하나이다. 아래 수식에 나타난 바와 같이 윈도우의 크기를 결정하게 되는 가우시안 커널의 표준편차 (σ_d) 설정 값에 따라 영상의 저주파수 성분의 스무딩 정도가 증가 혹은 감소하게 된다. 이러한 가우시안 스무딩을 통해 영상을 평탄하게 만듦으로써 영상의 잡음에 강건하도록 설계할 수 있다[11].

$$Bilateral[I_{i,j}]_{(i,j) \in (M,N)} = \frac{\sum_{k,l \in \omega} G[I_{k,l}]_{i,j} \times S[I_{k,l}]_{i,j}}{\sum_{k,l \in \omega} W[k,l]_{i,j}} \quad (1)$$

여기서 $I_{i,j}$ 는 i 번째 행, j 번째 열의 이미지 신호, M 은 이미지 폭(image width), N 은 이미지 높이(image height), ω 는 윈도우 면적(area)을 나타내며, $G[\cdot]$ 는 $e^{-\frac{(j-k)^2 + (j-l)^2}{2\sigma_d^2}}$ 로 주어지는 가우시안 스무딩 커널 (gaussian smoothing kernel), $S[\cdot]$ 는 $e^{-\frac{\|I_j - I_k\|}{2\sigma_r}}$ 로 주어지는 유사도 함수(similarity function), $W[\cdot]$ 는 $e^{-\frac{(j-k)^2 + (j-l)^2}{2\sigma_d^2} - \frac{\|I_j - I_k\|}{2\sigma_r}}$ 로 주어지는 가중 함수(weight function)을 나타낸다.

위의 수식 중 유사도 함수는 윈도우내의 인접 픽셀과 기하학적 유사도 측정을 통해 영상의 에지 성분은 에지로 나타나게 하고 영상의 잡음은 인접 픽셀간 유사도가 떨어지기 때문에 제거되는 특성을 지니고 있다. 그러나 유사도 측정에 있어 인접 픽셀간 단순 차분성분만을 고려하기 때문에 영상의 저주파수 성분의 미세한 그래디언트를 고려하지 않아 영상의 저주파수 성분의 디테일이 떨어지는 효과를 나타내게 된다. <그림 2>는 양방향 필터의 유사도 측정 범위를 결정하는 range sigma(σ_r)의 변화에 따른 결과 영상을 나타내었다.

<그림 2>에서 나타난 바와 같이 양방향 필터 유사도 측정 범위(σ_r)가 커질수록 영상의 저주파수가 많이 분포된 부분(예, 얼굴 부분)의 디테일이 점점 더 떨어짐을 알 수 있다.



<그림 2> 양방향필터의 유사도 범위에 따른 결과

2.3. 세방향 필터의 디모자익싱

가. 세방향 필터

세방향(trilateral) 필터는 양방향 필터의 인접 픽셀간 단순 차분에 의한 유사도 측정을 고려하는 것이 아니라 인접 픽셀의 그래디언트를 고려한 노이즈 저감 필터링 기법이다. 이는 양방향 필터 유사도 측정 범위(σ_r)에 의해 영상의 디테일 감쇄 부분을 그래디언트로서 보상하는 개념이다. 아래 수식에 나타난 바와 같이 세방향 필터는 양방향 필터의 유사도를 인접 픽셀의 그래디언트로서 측정한다. 따라서 양방향필터의 인접 픽셀의 단순차분에 의한 유사도 측정으로 인한 저주파수 디테일 감쇄를 세방향 필터에서는 그래디언트로 보상하기 때문에 양방향 필터가 가지는 에지 보존 스무딩과 더불어 저주파수 디테일을 확보할 수 있는 장점을 가지게 된다[13].

$$Trilateral[I^{c_{ij}}]_{(i,j) \in (M,N)} = \frac{\sum_{k,l \in \omega} G[I^{c_{ij}}]_{i,j} \times S[\nabla I^{c_{ij}}]_{i,j}}{\sum_{k,l \in \omega} W[k,l]_{i,j}} \quad (2)$$

여기서 $I_{i,j}$ 는 i 번째 행, j 번째 열의 이미지 신호, c 는 R, G, B (R, G, B 색상)의 컬러 인덱스(color index), M 은 이미지 폭(image width), N 은 이미지 높이(image height), ω 는 윈도우 면적(area) 을 나타내며, $G[\cdot]$ 는 $e^{-\frac{(j-k)^2+(j-l)^2}{2\sigma^2}}$ 로 주어지는 가우시안 스무딩 커널(gaussian smoothing kernel), $S[\cdot]$ 는 $e^{-\frac{\|\nabla I_{i,j}-\nabla I_{k,l}\|}{2\sigma^2}}$ 로 주어지는 유사도 함수(similarity function), $W[\cdot]$ 는 $e^{-\frac{(j-k)^2+(j-l)^2}{2\sigma_x^2}-\frac{\|\nabla I_{i,j}-\nabla I_{k,l}\|}{2\sigma_y^2}}$ 로 주어지는 가중 함수(weight function), $[\nabla I_{k,l}]_{i,j}$ 는 $\nabla I_{k,l} = \frac{\sum_{k,l \in \omega} (I_{j-k,j-l} + I_{j+k,j+l})}{\text{window data의 수}} - I_{i,j}$ 로 주어지는 이미지 그래디언트를 각각 나타낸다.

나. 세방향 필터의 디모자익싱 방법

컬러 보간을 수행하기 앞서 보간을 수행할 데이터의 예측 값을 구하는 것이 필요하다. 이러한 예측 값은 다양한 방법으로 유도할 수 있다. 본 논문에서는 데이터의 선형성을 최대한 유지하기 위해 인접 픽셀의 평균값을 이용한 예측 값($G_{0,0.est}, R_{0,0.est}, B_{0,0.est}$)을 사용하였다[12].

세방향 필터의 디모자익싱 과정은 아래와 같이 수학적으로 나타낼 수 있다.

$$C_{i,j} = \frac{[K^c(i,j) \otimes e^{-\frac{(j-k)^2+(j-l)^2}{2\sigma^2}}] \times [e^{-\frac{\|\nabla I_{i,j}-\nabla I_{k,l}\|}{2\sigma^2}}]}{W(k,l)_{i,j}} \quad (3)$$

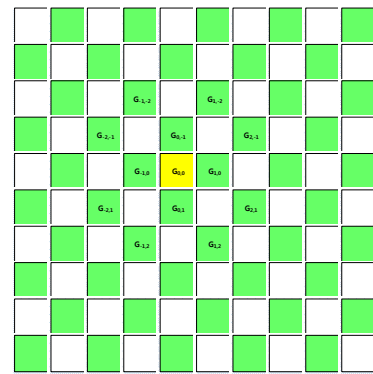
이때 C_{ij} 는 칼라 보간을 수행할 영상 신호 (R, G, B)를, \otimes 는 convolution을, $K^c(i,j)$ 는 가우시안 커널과 convolution을 수행할 RGB 각각의 채널에 대한($K^R(i,j), K^G(i,j), K^B(i,j)$) 윈도우 면적(area) 데이터를, $\|\nabla I_{i,j}-\nabla I_{k,l}\|$ 는 RGB 각각의 채널에 대한 그래

디언트를 나타낸다. 또한 세방향 필터의 디모자익싱은 양방향필터의 유사도를 산출할 때 인접 픽셀의 그래디언트를 구하는 과정이 추가된 개념이기 때문에 다음절에서 컬러(R, G, B) 각 채널의 그래디언트를 구하는 과정을 상세히 설명하도록 한다.

아래 그림들에 나타난 노란색 사각형은 컬러 보간을 수행할 픽셀을 나타내며, 흰색 사각형의 픽셀은 데이터가 없는 컬러 보간을 수행할 픽셀 데이터를 나타낸다.

(1) G 채널 그래디언트

인접 픽셀의 그래디언트($\|\nabla I_{i,j}^G - \nabla I_{k,l}^G\|$)는 다음과 같이 구할 수 있다. 아래 <그림 3>에 나타난 바와 같이 bayer데이터의 G 채널은 데이터의 열과 행에 관계없이 보간할 데이터의 주변 픽셀 분포가 동일한 구조로 형성되어 있으며 G 채널은 짝수 행에서는 홀수 열을, 홀수 행에서는 짝수 열에 대한 데이터 보간만을 고려하기만 하면 된다. 여기에서 노란색으로 표기되어 있는 부분은 데이터 보간을 수행할 픽셀 데이터를 나타내었으며 문자가 표기된 픽셀들은 그래디언트의 획득을 위한 참조 데이터로 나타내었다. 아래 수식의 $G_{0,0.est}$ 는 보간을 수행할 데이터의 예측값으로 나타내었다.



<그림 3> G-채널 그래디언트 획득

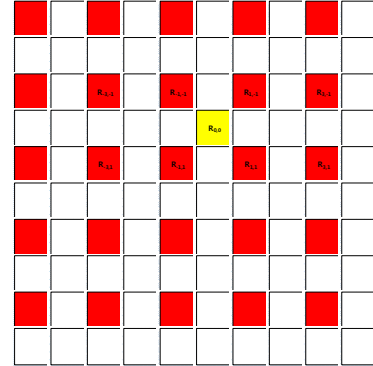
$$\begin{aligned}
 G_{0,0.est} &= \frac{G_{0,-1} + G_{0,1} + G_{-1,0} + G_{1,0}}{4} \\
 \nabla G_{0,0} &= (G_{0,-1} + G_{0,1} + G_{-1,0} + G_{1,0} - 4 * G_{0,0.est}) \\
 \nabla G_{0,-1} &= (G_{1,-2} + G_{-1,0} + G_{-1,-2} + G_{1,0} - 4 * G_{0,-1}) \\
 \nabla G_{0,1} &= (G_{1,0} + G_{-1,2} + G_{-1,0} + G_{1,2} - 4 * G_{0,1}) \\
 \nabla G_{-1,0} &= (G_{-2,-1} + G_{0,1} + G_{0,-1} + G_{-2,1} - 4 * G_{-1,0}) \\
 \nabla G_{1,0} &= (G_{2,-1} + G_{0,1} + G_{0,-1} + G_{2,1} - 4 * G_{1,0})
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

(2) R, B 채널 그래디언트

RGGB bayer pattern의 경우 R 채널의 짝수 행과 홀수 행의 보간 및 그래디언트 획득은 다르게 수행되어야 한다. 데이터가 짝수 열에만 존재하는 짝수 행의 경우 홀수 열 데이터의 보간 및 그래디언트의 획득을 수행한다. 또한 데이터가 없는 홀수 행의 경우 짝수 행과 홀수 행을 나누어 데이터의 보간 및 그래디언트의 획득을 모두 수행하여야 한다. 또한 B 채널의 보간 방법의 경우 R 채널 보간 방법과 유사하게 구할 수 있다. 다만 다른 점은 R 채널 짝수행의 보간을 홀수 행의 보간으로 홀수행의 보간을 짝수행 보간으로 반대로 고려하여 수행하면 된다. 따라서 본 논문에서는 R 채널 그래디언트를 구하는 방법만 소개하기로 한다. 아래 <그림 4>, <그림 5>, <그림 6>은 각각 R 채널의 홀수 행/홀수 열, 홀수 행/짝수 열, 짝수 행/홀수 열의 그래디언트 획득 과정을 나타내었다. 노란색으로 표기되어 있는 부분은 데이터 보간을 수행할 픽셀 데이터를 나타내었으며 문자가 표기된 픽셀 들은 그래디언트의 획득을 위한 참조 데이터로 나타내었다. 또한 아래 수식의 $R_{0,0.est}$ 는 보간을 수행할 데이터의 예측 값으로 나타내었다.

• 홀수행/홀수열

아래 수식에서 예측 값인 $R_{0,0.est}$ 는 앞서 설명한 바와 같이 bilinear average를 사용하였으며, 인접 픽셀의 그래디언트($\|\nabla I_{i,j}^R - \nabla I_{k,l}^R\|$) 는 아래와 같이 구할 수 있다.

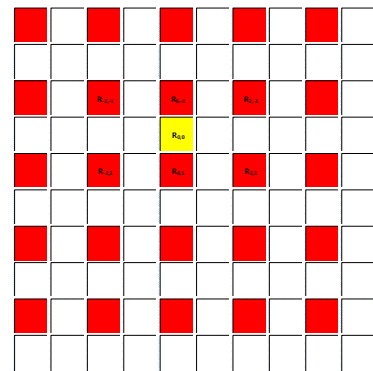


<그림 4> R-채널 홀수행/홀수 열 그래디언트 획득

$$\begin{aligned}
 R_{0,0.est} &= \frac{R_{-1,-1} + R_{1,-1} + R_{1,1} + R_{-1,1}}{4} \\
 \nabla R_{0,0} &= (R_{-1,-1} + R_{1,-1} + R_{1,1} + R_{-1,1} - 4 * R_{0,0.est}) \\
 \nabla R_{-1,-1} &= (R_{-1,-3} + R_{-3,-1} + R_{-1,1} + R_{1,-1} - 4 * R_{-1,-1}) \\
 \nabla R_{1,-1} &= (R_{1,-3} + R_{-1,-1} + R_{1,1} + R_{3,-1} - 4 * R_{1,-1}) \\
 \nabla R_{1,1} &= (R_{1,-1} + R_{-1,1} + R_{1,3} + R_{3,1} - 4 * R_{1,1}) \\
 \nabla R_{-1,1} &= (R_{-1,-1} + R_{-3,1} + R_{-1,3} + R_{1,1} - 4 * R_{-1,1})
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

• 홀수행/짝수열

위의 수식에서 예측 값인 $R_{0,0.est}$ 는 앞서 설명한 바와 같이 linear average를 사용하였으며, 인접 픽셀의 그래디언트($\|\nabla I_{i,j}^R - \nabla I_{k,l}^R\|$) 는 아래와 같이 구할 수 있다.

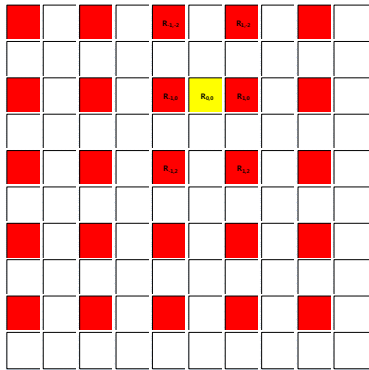


<그림 5> R-채널 홀수행/짝수 열 그래디언트 획득

$$\begin{aligned}
 R_{0,0.est} &= \frac{R_{0,-1} + R_{0,1}}{2} \\
 \nabla R_{0,0} &= (R_{0,-1} + R_{0,1} - 2 * R_{0,0.est}) \\
 \nabla R_{0,-1} &= (R_{-2,-1} + R_{2,-1} - 2 * R_{0,-1}) \\
 \nabla R_{0,1} &= (R_{-2,1} + R_{2,1} - 2 * R_{0,1})
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

• 짝수행/홀수열

아래 수식에서 예측 값인 $R_{0,0.est}$ 는 앞서 설명한 바와 같이 linear average를 사용하였으며, 인접 픽셀의 그라디언트($\| \nabla I_{i,j}^R - \nabla I_{k,l}^R \|$) 는 다음과 같이 구할 수 있다.



<그림 6> R-채널 짝수 행/홀수열 그라디언트 획득

$$\begin{aligned}
 R_{0,0.est} &= \frac{R_{-1,0} + R_{1,0}}{2} \\
 \nabla R_{0,0} &= (R_{-1,0} + R_{1,0} - 2 * R_{0,0.est}) \\
 \nabla R_{-1,0} &= (R_{-1,-2} + R_{-1,2} - 2 * R_{-1,0}) \\
 \nabla R_{1,0} &= (R_{1,-2} + R_{1,2} - 2 * R_{1,0})
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

III. 실험

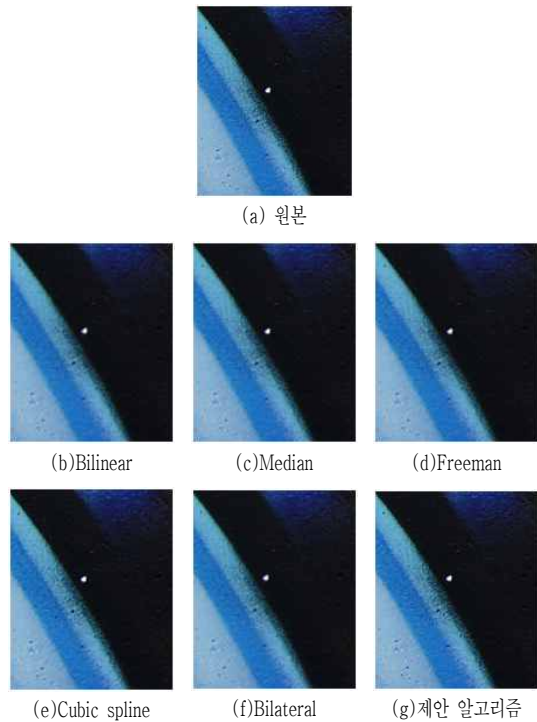
본 논문에 제안한 디모자익싱 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 인터넷의 여러 갤러리 사이트에 게재

되어 있는 10장의 컬러 영상을 선택하였고[14-16], 선택된 영상을 이용하여 객관적인 화질 평가를 시행하였으며 시각적인 비교를 통해 제안 알고리즘과 기존 디모자익싱 알고리즘과의 성능을 비교하였다. 또한 제안 알고리즘과 기존의 디모자익싱 알고리즘들은 VS(Visual Studio) 2013을 이용하여 구현하였다.

다음과 같이 제안 알고리즘의 화질을 평가하기 위해 주관적인 평가와 객관적인 평가를 병행하였다.

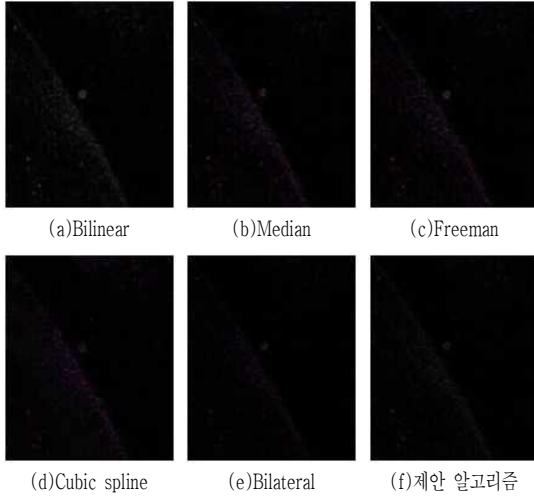
3.1 주관적인 평가

본 실험에서 주관적인 화질 평가를 위해 시각적인 방법을 채택하였다. 원본 영상과 컬러 보간 결과 및 그 차이 영상을 통해 직관적인 화질 평가를 시각적으로 나타내었다.



<그림 7> 컬러 보간 결과

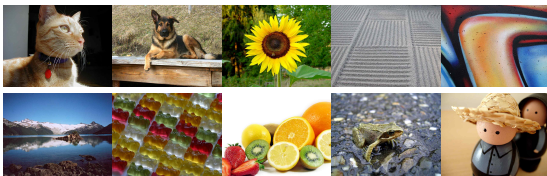
<그림 7>은 기존 컬러 보간 방법과 제안 알고리즘의 결과 영상을, <그림 8>은 원본 영상과 컬러 보간 영상간의 차이 영상을 나타내었다.



<그림 8> 원본 영상과 컬러 보간영상의 차이 영상

<그림 7> 및 <그림 8>에서 보는 바와 같이 bilinear 컬러 보간 방법이 원본 영상과 비교해 볼 때 가장 많은 차이점을 나타내었으며 제안 알고리즘이 원본 영상과 비교해 볼 때 영상의 에지(edge) 부분과 영상의 저주파 수 디테일 부분이 강조되면서 큰 차이점이 없음을 알 수 있다.

3.2 객관적인 평가



<그림 9> 실험에 사용된 영상 집합

화질의 객관적인 평가는 컬러에 대한 비교가 요구

되므로[17], 이를 위해 컬러 성분의 평균 절대값 에러 (hue MAD)와 채도의 평균 절대값 에러(saturation MAD)를 이용하여 측정하였다. <그림 9>는 제안 알고리즘과 기존의 컬러 보간 알고리즘의 정량적 화질 평가를 위해 사용한 영상 집합이다.

이 때 MAD(Mean Absolute Difference)를 수식적으로 나타내면 아래와 같다.

$$MAD^{HSI} = \frac{\sum_{i \in M} \sum_{j \in N} ABS(I_{org}^{HSI}[i,j] - I_{intpl}^{HSI}[i,j])}{M \times N} \quad (8)$$

여기서, M 는 이미지 폭, N 이 이미지 높이, $I[i,j]$ 는 i 번째 행 및 j 번째 열의 이미지 신호, $ABS(\cdot)$ 는 절대값, HSI는 HSI 컬러 스페이스 인덱스($I^H[i,j]$ 는 Hue, $I^S[i,j]$ 는 Saturation, $I^I[i,j]$ 는 Intensity), org 는 Original, $intpl$ 는 Interpolation 을 의미한다.

또한 영상의 컬러 성분 비교와 더불어 평가의 공정성을 위해 객관적인 화질 평가에 주로 사용되는 CPSNR(Color Peak to Signal to Noise Ratio)를 사용하여 성능 평가를 시행하였다. 이 때 영상의 CPSNR은 아래 수식과 같다.

$$CPSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE} \quad (9)$$

여기서,

$$MSE = \frac{1}{3(M \times N)} \sum_{j \in M} \sum_{j \in N} [I_{org}^c[i,j] - I_{intpl}^c[i,j]]^2$$

를 의미한다.

<표 1> 다양한 영상의 Hue MAD 비교

	Bilinear	Median	Freean	Cubic Spline	Bilateral	Proposed
1	21.878	21.202	21.835	28.288	21.548	20.325
2	10.788	11.788	11.140	12.626	10.870	10.752
3	3.017	3.636	3.581	4.385	3.670	2.429

4	93.985	94.397	94.414	95.495	93.964	95.383
5	14.193	18.336	18.106	20.710	18.007	12.177
6	18.165	20.316	20.133	21.346	20.229	17.142
7	5.167	5.299	5.351	9.100	5.677	5.738
8	5.887	6.1583	6.454	8.977	6.281	4.486
9	12.320	15.376	15.101	15.605	15.249	11.359
10	5.825	6.029	6.155	7.941	6.360	4.831
평균	18.818	20.254	20.227	22.447	20.185	18.462

영상과 여러 컬러 보간 알고리즘을 수행한 영상의 각도 차이를, <표 2>는 채도(saturation) 성분에 대한 차이를, <표 3>은 원본과 컬러 보간 이후의 CPSNR에 대한 성능 비교를 나타내었다.

위의 표의 결과에서 나타나듯이 제안 알고리즘이 전반적으로 가장 좋은 성능을 보이고 있음을 알 수 있다.

<표 2> 다양한 영상의 Saturation MAD 비교

	Bilinear	Median	Freean	Cubic Spline	Bilateral	Proposed
1	0.0453	0.0465	0.0464	0.0621	0.0476	0.0316
2	0.0379	0.0381	0.0382	0.0419	0.0383	0.0536
3	0.0255	0.0246	0.0247	0.0253	0.0259	0.0209
4	0.0535	0.0666	0.0652	0.0778	0.0642	0.0522
5	0.0283	0.0304	0.0302	0.0351	0.0304	0.0238
6	0.0175	0.0186	0.0163	0.0219	0.0186	0.0236
7	0.0113	0.0111	0.0113	0.0155	0.0117	0.0101
8	0.0139	0.0137	0.0137	0.0152	0.0138	0.0112
9	0.0234	0.0243	0.0243	0.0265	0.0246	0.0215
10	0.0165	0.0151	0.0158	0.0195	0.0162	0.0126
평균	0.0273	0.0289	0.0286	0.0341	0.0291	0.0261

IV. 결론

본 논문은 카메라의 raw data인 bayer data pattern에서 컬러 보간을 수행하는 디모자익싱의 새로운 알고리즘을 제안하였다. 제안한 방법은 기존 양방향 필터의 장점인 영상 잡음 특성에 대한 강건함을 포함하고 이 필터의 단점인 영상의 저주파수 성분의 디테일이 떨어지는 부분을 인접 픽셀 그래디언트 성분으로 보완하는 세방향 필터를 제안하였다. 다양한 테스트 영상을 이용하여 본 논문에 제안된 알고리즘이 기존의 디모자익싱 알고리즘과 객관적인 비교(Hue MAD, Saturation MAD, CPSNR)를 수행해 볼 때 우수함을 알 수 있었으며 주관적인 시각적 특성 또한 우수함을 알 수 있었다.

향후 본 논문에서 제안한 알고리즘이 산업용 및 의료용 단일 채널 영상 입력 디바이스의 컬러 영상 구성을 위한 핵심 알고리즘으로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

<표 3> 다양한 영상의 CPSNR 비교

	Bilinear	Median	Freean	Cubic Spline	Bilateral	Proposed
1	30.434	31.109	30.992	31.191	30.834	32.697
2	28.879	29.834	29.831	30.328	29.845	30.364
3	35.481	36.250	36.127	35.247	35.902	37.468
4	22.127	22.337	22.413	22.044	22.472	25.306
5	32.014	32.279	32.331	32.154	32.339	31.109
6	36.460	36.955	36.912	36.965	36.778	37.180
7	42.629	43.178	43.115	41.235	42.569	44.285
8	33.835	34.216	34.222	33.691	34.192	35.844
9	31.465	31.778	31.820	31.939	31.801	33.551
10	42.907	43.481	43.412	42.016	43.015	46.700
평균	33.623	34.142	34.117	33.681	33.975	35.450

위의 <표 1> ~ <표 3>은 제안 알고리즘과 기존 컬러 보간 알고리즘의 정량적 성능 비교를 표로 나타낸 것이며 성능이 제일 우수한 지표에는 회색으로 표시하였다. 이 때 <표 1>은 컬러(hue) 성분에 대한 원본

참고문헌

[1] Rafael C. Gonzales and Richard E. Woods, Digital Image Processing Pearson Education Inc, 3th Ed., 2010.

[2] <https://en.wikipedia.org/wiki/Demosaicing>.

[3] D. R. Cok, "Signal processing method and apparatus for producing interpolated chrominance values in a sampled color image signal," U. S. Patent 4, 642, 678, Feb. 1987.

[4] 구윤모, 김영로 "잡음영상에서의 에지 검출," 디지털산업정보학회 논문지, 제8권, 제3호, 2012년 9월, pp. 41-48.

[5] Adams, James E. "Interactions between color plane interpolation and other image processing functions in electronic photography," in Proc. of SPIE 2416, 1994, pp. 144-151.

[6] J. Adams, K. Parulski, and K. Spaulding, "Color processing in digital cameras," IEEE Micro, Vol. 18, no. 6, 1998, pp. 20-30.

[7] R. Lukac and K. N. Plataniotis, "Color filter arrays: Design and performance analysis," IEEE Trans. Consum. Electron., Vol. 51, no. 4, Apr. 2005, pp. 1260-1267.

[8] James E. Adams Jr, "Design of practical color filter array interpolation algorithms for digital cameras, part2," in Proc. of SPIE 3028, Real-Time Imaging II, 1998.

[9] Hou, Hsieh S. et. al., "Cubic splines for image interpolation and digital filtering," IEEE Transactions on Acoustic, Speech, and Signal Processing, Vol. ASSP-26, 1987, pp. 508-517.

[10] W. T. Freeman and Polaroid Corporation, "Method and apparatus for reconstructing missing color samples," US Patent No. 4774565, 1988.

[11] C. Tomasi and R. Manduchi, "Bilateral filtering for gray and color images," in Proc. of IEEE International Conference on Computer Vision, Bombay, India, 1998.

[12] Rajeev Ramanath and Wesley E. Snyder, "Demosaicking as a bilateral filtering process," in Proc. of SPIE 4667, Image Processing: Algorithms and Systems, May 2002.

[13] Prasun Choudhury and Jack Tumblin, "The trilateral filter for contrast images and meshes," Eurographics Symposium on Rendering, 2003, pp. 1-11.

[14] <http://www.wallpaperonview.com/>

[15] <http://wallpaperswide.com/>

[16] <https://www.pexels.com/photo/>

[17] 이정환 "칼라특징공간별 SLIC 기반 슈퍼픽셀의 특성 비교," 디지털산업정보학회 논문지, 제10권, 제4호, 2014년 12월, pp. 151-160.

■ 저자소개 ■



김 태 권
Kim Taekwon

2015년~현재
(주)오스테오닉 연구소장

2008년~2014년
(주)인트로메딕 영상사업부
개발이사

2001년~2007년
삼성테크윈 DSC 개발팀 선임
연구원

1999년~2000년
KIST 트라이볼로지 연구센터
연구원

1999년
성균관대학교
전기전자컴퓨터공학과 석사

1997년
성균관대학교 전자공학과 학사

관심분야 : 영상신호처리, 의료 영상처리,
컴퓨터 그래픽스 등

E-mail : jukyoun@naver.com



김 기 윤
Kim Kiyun

2008년~현재
명지전문대학 공학·정보학부
전기과 부교수

2001년~2008년
삼성탈레스 기술연구소
책임연구원

2006년~2007년
미국 Univ. of California, Los Angeles(UCLA) 전기공학부
박사후 연구원

2002년
성균관대학교
전기전자컴퓨터공학과 박사

1999년
성균관대학교
전기전자컴퓨터공학과 석사

1997년
성균관대학교 전자공학과 학사

관심분야 : 통신/영상 신호처리, 군통신,
이동통신, 의용 공학 시스템 등

E-mail : kkim@mjc.ac.kr

논문접수일: 2015년 11월 24일
수 정 일: 2015년 12월 5일
게재확정일: 2015년 12월 9일