ISSN 1975-8359(Print) / ISSN 2287-4364(Online)
The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers Vol. 63, No. 10, pp. 1434~1440, 2014
http://dx.doi.org/10.5370/KIEE.2014.63.10.1434

육각형 구조의 베이어 컬러 필터 배열에 대한 디모자익킹

Demosaicking of Hexagonally-Structured Bayer Color Filter Array

이 경 미* · 유 훈†
(Kyungme Lee · Hoon Yoo)

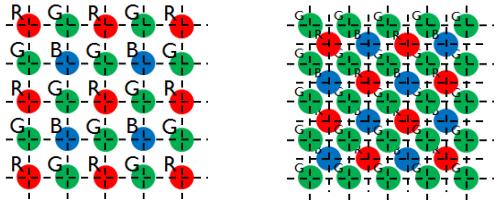
Abstract - This paper describes a demosaicking method for hexagonally-structured color filter array. Demosaicking is essential to acquire color images using color filter array (CFA) in single sensor imaging. Thus, CFA patterns have been discussed in order to improve image quality in single sensor imaging after the Bayer pattern are introduced. Advancements in imaging sensor technology recently introduce a hexagonal CFA pattern. The hexagonal CFA can be considered to be a 45-degree rotational version of the Bayer pattern, thus demosaicking can be implemented by an existing method with backward and forward 45-degree rotations. However, this approach requires heavy computing power and memory in image sensing devices because of the image rotations. To overcome this problem, we proposes a demosaicking method for a hexagonal Bayer CFA without rotations. In addition, we introduce a weighting parameter in our demosaicking method to improve image quality and to unifying exiting method with our method. Experimental results indicate that the proposed method is superior to conventional methods in terms of PSNR. In addition, some optimized values for the weighting parameter are provided experimentally.

Key Words : Demosaicking, Hexagonal sensor, Bayer color filter array, Interpolation

1. 서 론

컬러 영상은 다중 센서 혹은 단일 센서 방식을 통해 획득 가능하다. 다중 센서는 컬러 영상을 구성하는 색상 정보에 따라 센서를 구성하여 컬러 영상으로 합성한다. 다중 센서는 모든 색상정보를 얻을 수 있는 장점이 있으나 색상 평면별 센서 부착에 따라 영상 획득 장치의 크기가 증가하고, 고가의 제작비용 등의 문제가 존재한다. 이러한 문제로 인하여 모바일 디바이스와 같은 장치에서는 단일 센서만을 이용하여 컬러 영상을 획득하는 방식을 사용한다. 단일 센서로부터 컬러 영상을 제작하기 위해 단일 센서 위에 컬러 필터 배열을(CFA: color filter array) 부착하여 여러 색상 정보를 획득한다[1].

디모자이킹은 단일 센서를 이용하여 컬러 영상을 생성할 시 손실된 색상의 정보를 컬러 필터 배열의 형태에 따라 예측하여 보간하는 기술이다[2-3]. 즉, 단일 센서에 들어오는 색상 정보는 컬러 영상을 구성하는 색상 중 하나의 정보만 들어오기 때문에 같은 위치에 존재할 다른 색상 정보들을 예측하여 보간하는 과정이 반드시 요구된다. 예측 과정에서는 컬러 필터의 형태로 주변 센서들의 다른 색상 정보로 현재 위치의 손실된 색상을 복원할 수 있다. 일반적으로 디모자이킹은 영상화질에 영향을 미치는 에일리어싱, 색수차, 지퍼링 등의 잡음의 최소화가 필요하고 더불어 제한된 연산 환경으로 인해서 저복잡도가 요구된다[4]. 따라서 많은 연구들이 진행되어왔다. 특히 선형 보간법과 같은 간단하고 효율적인 보간 방법[5-8], 영상 화소의 방향 정보를 활용한 방법[9], 컬러 평면간 상관성을 활용한 방법[10], 잡음 제거에 초점을 둔 방법[11], 주파수 영역에서의 보간법[12] 등으로 분류할 수 있다. 여러 방법들 중 Hamilton-Adams(HA)보간 방법은 간단하면서도 효율적인 방법으로 대표적인 디모자이킹 기술이 된다[13].



(a) (b)

그림 1 베이어 패턴 (a) 사각형 (b) 육각형
Fig. 1 Bayer patterns (a) Rectangular (b) Hexagonal

컬러 필터 배열의 형태는 영상의 광량을 조절할 뿐만 아니라 이후 디모자이킹 방법에도 큰 영향을 미친다. 이 중 베이어 패턴(Bayer's pattern)은 색의 3요소에 기반을 둔 패턴으로 디지털 카메라 등에서 가장 많이 사용된다[3]. 베이어 패턴은 그림 1(a)와 같이 R, G, B 색상이 2×2크기로 구성되며 이 컬러 블록들을 반복시켜 배치한 형태이다. 이 중 G 색상은 인간의 시신경이 가장 민감함으로 컬러 필터 배열에서 50%를 차지하게 배치하고, R, B색상은 컬러 필터 배

† Corresponding Author : Dept. of Media Software, SangMyung University, Korea.
E-mail: hunie@smu.ac.kr
* Dept. of Media Software, SangMyung University, Korea.
Received : July 17, 2014; Accepted : August 11, 2014

열에서 각각 25%씩 차지하게 배치된다[1].

컬러 필터 배열의 성능을 개선하기 위한 방법으로 베이어 패턴보다 입사되는 광량을 높이기 위한 투명필터를 삽입하거나, 3가지 이상의 색상요소들로 구성하거나, 혹은 정사각형 이외의 형태로 배치시키는 방법들이 등장하였다[3]. 이에 더 나아가 한정된 센서의 물리적인 공간에 화소수를 높이기 위해 센서의 배치를 육각형으로 변형하여 보다 많은 센서를 배치하는 방법도 등장하였다[14]. 그림 1(b)에서 보여주듯이, 이 구조는 기존의 사각형 배열보다 공간을 효율적으로 사용하여 더 많은 픽셀 정보를 획득 할 수 있기 때문에, 색상에 대한 선명도가 좋아 선명한 영상을 획득할 수 있다. 또한 이 센서를 적용한 실제 제품이[1] 시장에서 주목받고 있다[14].

본 논문에서는 육각형 센서 패턴에서 효율적인 디모자이킹 방법을 제안한다. 육각형 모양의 CFA구조는 베이어 패턴과 같은 일반적인 사각형 구조에서 45도 회전시킨 모습과 유사하다. 이와 같은 특징으로 기존 사각형 패턴에 맞추어 개발된 알고리즘을 육각형 패턴에 적용이 가능하다[15,16]. 하지만 기존 알고리즘을 적용하기 위해서는 영상을 회전시켜야 한다는 추가적인 과정이 반드시 요구되므로 연산환경이 제한적인 영상센서 하드웨어에서 매우 큰 부담이 된다.

따라서, 이러한 문제점을 극복하기 위해서, 본 논문에서는 육각형 센서 패턴에 대해 회전 과정을 제거한 기존 선형 디모자이킹 방법을 적용하는 과정을 제시한다. 디모자이킹 방법으로 HA방법에서 저 복잡도를 갖고 효율적인 부분을 채택하였고 이 방법을 육각형 센서에 적합하도록 변형한다. 제안된 방법은 간단한 선형 보간법과 타 색상에서의 고주파 성분을 활용하는 방법으로 설계되었다. 또한 육각형 배열에 맞는 고주파 성분에 대한 가중치를 결정하기 위해서 다양한 실험을 수행하고 이를 검증하기 위해 객관적 수치 비교와 주관적 화질 비교를 수행한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기초가 되는 HA방법과 육각형 배열의 구조를 설명하고 3장에서는 육각형 구조에 적용하는 새로운 방법을 제시하고 4장에서는 가중치별 실험 과정 및 결과를 제시한다.

2. 기존 연구

2.1 Hamilton Adams 방법

Hamilton Adams(HA) 방법은 베이어 패턴을 기반으로 하는 디모자이킹 방법이다. HA방법은 평면간의 상관도와 방향성을 고려하면서도 복잡도가 낮은 보간법이다. 방향성을 판단할 때에는 다른 평면의 색상 정보를 함께 사용하여 고주파를 감지하고, 색상 정보를 예측할 때에는 평면간의 상관도가 높다는 점을 이용하여 동일 평면의 저주파 성분과 다른 평면의 고주파 성분을 합한다. 보간된 색상 정보는 저주파 성분과 고주파 성분이 모두 있으므로 예측 값이 비교적 정확하다. HA방법은 베이어 패턴에 기반하므로 G색상 정보량과 R, B색상 정보량의 차이가 뚜렷하다. 이에 따라

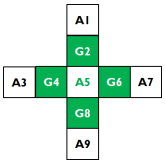


그림 2 HA방법의 G-평면 복원에서 사용 픽셀
Fig. 2 Pixels in use for reconstruction of G-plane in HA method

정보가 많은 G평면을 먼저 보간 한 후, 채워진 G평면을 고려하여 R, B평면을 보간한다.

G 평면은 육각형 모양의 패턴을 가지고 배열되어 수평, 수직방향으로는 픽셀 정보가 존재하지만, 대각선, 역 대각선 방향으로는 정보가 존재하지 않는다. 따라서 에지를 수평, 수직 두 방향으로 설정하여 디모자이킹을 수행한다. 먼저 수평, 수직 방향으로 그래디언트를 구한 후, 각 방향에 따른 보간 값을 계산한다. 계산한 보간 값은 그래디언트 값이 작은 방향에 대해 결정된다. 디모자이킹을 위해 사용되는 픽셀들은 그림2와 같고 G5위치를 보간할 때, 각 방향에 따른 보간 값은 식(1)과 식(2)로 나타낼 수 있다. 식(1)은 G5가 수평방향으로 보간될 때, 식(2)는 G5가 수직방향으로 보간될 때를 의미한다.

$$G5H=(G4+G6)/2+(-A3+2A5-A7)/4 \quad (1)$$

$$G5V=(G2+G8)/2+(-A1+2A5-A9)/4 \quad (2)$$

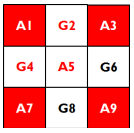


그림 3 HA방법의 A-평면 복원에서 사용 픽셀
Fig. 3 Pixels in use for reconstructing A-plane in HA method

R, B 평면은 2×2크기의 블록 안에 하나의 픽셀 값만 존재한다. 따라서 나머지 세 위치에 대하여 보간이 이루어져야 한다. R, B평면의 보간은 보간되는 픽셀의 위치에 따라 다르게 수행된다. R, B평면 보간을 위해 사용되는 픽셀들은 그림 3과 같고 R, B평면 모두 동일한 형태를 가지고 있어 A평면이라고 표기한다. 먼저, 좌우 혹은 상하에 같은 평면 픽셀이 존재하는 A2, A4위치는 동일 평면의 저주파 성분과 G평면의 고주파 성분을 이용하여 보간 한다. 식(3)은 좌우에 동일 평면의 성분이 있을 때를 의미하고, 식(4)는 상하에 동일 평면의 성분이 있을 때를 의미한다.

$$A2=(A1+A3)/2+(-G1+2G2-G3)/2 \quad (3)$$

$$A4=(A1+A7)/2+(-G1+2G4-G7)/2 \quad (4)$$

마지막으로, 대각선과 역 대각선에 같은 평면 픽셀이 존재하는 A5위치는 에지를 대각선, 역 대각선 두 방향으로 설정하여 보간을 수행한다. G평면의 보간 방법과 같은 순서로 대각선, 역 대각선 방향으로 그래디언트를 구한 후, 각 방향

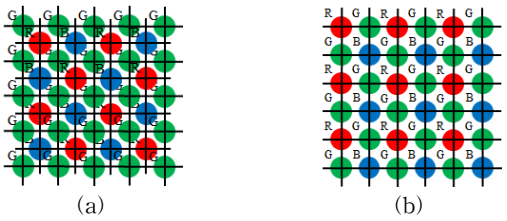
1) ELSA, European Super Zoom Camera 수상 2008년-2009년 http://www.eisa.eu/awards/history/3/photo.html

에 따른 보간 값을 계산한다. 그래디언트를 비교하여 선택된 방향에 따른 보간 값은 식(5), (6)과 같이 계산된다. 식(5)는 대각선 방향으로 동일 평면의 성분이 있을 때를 의미하고, 식(6)은 역대각선 방향으로 동일 평면의 성분이 있을 때를 의미한다.

$$A5N=(A1+A9)/2+(-G1+2G5-G9)/2 \quad (5)$$

$$A5P=(A3+A7)/2+(-G3+2G5-G7)/2 \quad (6)$$

2.2 육각형 배열의 이미지 센서



(a) (b)

그림 4 이미지 센서 배열 (a) 육각형 배열 (b) 사각형 배열

Fig. 4 Sensor array (a) hexagonal grid array (b) rectangular grid array

그림 4는 일반적인 베이어 패턴의 육각형 패턴과 사각형 패턴에 대한 센서 배치를 보여주는 그림이다. 이미지 센서에서 센서의 전체 크기는 제조 단가에 가장 큰 영향을 미치고 기존 광학하드웨어와의 호환성을 위해 단위 센서의 개수를 증가시켜도 전체 센서의 크기는 변동이 없거나 가급적이면 작게 만들어야 한다. 문제는 동일한 크기의 센서에서 단위 센서의 개수가 증가하면 단위 센서의 크기가 작아지고 이는 각 단위 센서에 입사하는 빛 에너지의 감소로 이어진다. 작아진 빛에너지는 개별 센서가 충분한 양의 에너지를 획득할 시간이 필요하거나 또는 화질의 열화를 야기한다. 따라서 전체 크기가 동일한 센서에서 개별 센서의 개수를 증가시킬 때 충분한 양의 빛 에너지를 확보하는 방향으로 개별 센서를 배치할 필요가 있다. 이런 필요성으로 개별 센서 배치에서 공간 활용도가 높은 육각형 배열 (또는 벌집 모양 배열)의 센서가 대두되었다[14].

예를 들면, 단위 센서의 배치는 그림 4(a)와 같이 육각형 배치와 그림 4(b)와 같이 사각형 배치가 있을 수 있다. 그림 4(a)센서 배치 형태는 베이어 패턴과 같은 사각 패턴 사이에 센서를 추가한 것으로 각 센서의 낭비되는 공간의 크기를 최소한으로 줄여서 공간을 효율적으로 활용할 수 있다. 그림 4(b)는 그림 4(a)와 동일한 크기의 이미지 센서 내에서 단위 센서를 사각형 패턴으로 재배치한 경우이다. 그림 4(a)는 그림 4(b)와 비교하였을 때, 더 많은 수의 단위 센서를 배치할 수 있다. 따라서 같은 이미지 센서의 면적에서 더 많은 빛 에너지를 확보하기에 유리하다.

현재까지 육각형 패턴에 대한 디모자이킹 방법은 문헌에 구체적으로 언급된 것이 없다. 잘 알려져 있고 쉽게 적용 가능한 선형 보간법을 적용하거나, 획득한 영상을 45도 회전시켜 사각형 패턴의 CFA로 전환한 후, 영상을 복원하는 방법들이 고려될 수 있다[15,16]. 영상을 회전시키면 그림 4(b)의 사각형 패턴과 같이 나타나므로 기존에 연구된 다양한 디모자이킹 기법들을 적용하여 영상을 복원할 수 있기 때문이다. 복원된 영상은 45도 회전된 컬러 영상이므로 다시 한 번 -45도 회전시켜 회전되지 않은 컬러 영상을 획득하게 된다. 이 방법은 기존의 사각형 기반의 디모자이킹 기법들을 적용할 수 있다는 장점이 있지만, 영상을 회전하는 연산 과정이 추가되고, 획득한 모든 R, G, B픽셀 위치에서의 보간이 이루어지므로 결과 영상에서 나타나지 않는 불필요한 픽셀 위치에서의 복원도 이루어진다. 또한 영상 회전을 위한 메모리 공간을 과도하게 요구함으로 이미지 센서와 같은 레벨의 하드웨어에서 도입하기 어렵다는 단점이 존재한다.

3. 제안하는 방법

3.1 육각형 배열의 적용

본 장에서는 육각형 컬러 필터에 따른 효율적인 디모자이킹 방법을 제안한다. 45도 회전시켜서 기존의 디모자이킹 방법을 적용시키는 방법과 달리 회전시키지 않고 실제 영상에 적용되는 픽셀 위치만을 보간한다. 이때 HA방법을 육각형 배열에 맞게 적용시켜 컬러 영상을 복원한다. HA방법은 평면간의 상관도와 방향성을 고려하여 적용되는 방법으로 동일 평면에서의 저주파성분과 다른 색상 평면에서의 고주파 성분을 이용하여 보간한다. 육각형 배열의 센서를 사용하여 획득한 CFA영상도 마찬가지로 동일 평면의 저주파 성분과 다른 색상 평면의 고주파 성분을 이용한다. 또한 HA방법과 비교하여 사용된 화소 위치가 상이함으로 고주파 성분을 어느 정도 가중해서 적용할지를 고려한다. 육각형 배열 구조의 CFA 영상에 대한 본 논문의 방법은 그림 5와 같이 제안된다.

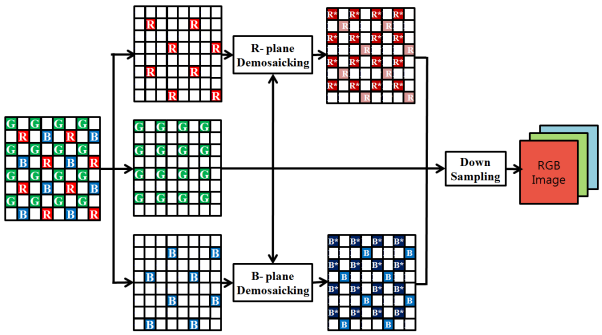


그림 5 육각형 배열의 CFA영상 디모자이킹 과정

Fig. 5 Demosaicking process for hexagonal grid CFA image

육각형 배열의 센서 구조에서 얻어진 CFA영상에서 최종적으로 사각형 구조의 일반적인 컬러 영상을 획득하기 위한 방법이 필요하다. 그림 5에서 보여주듯이, G 평면의 센서 배열이 사각형 구조로 가짐으로 G 평면의 보간법은 단순히 취합하는 방법을 사용한다. 이 방법은 그림 5에서 보여주듯이 단순 샘플링으로 도식화 할 수 있다. 따라서 최종적으로 얻어지는 컬러 영상의 G 평면은 쉽게 얻어지고 G평면의 화소 위치를 기준으로 R, B평면에서 보간하는 알고리즘을 필요하게 된다.

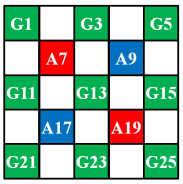


그림 6 육각형 배열의 CFA영상
Fig. 6 CFA image of hexagonal grid

3.2 R, B평면 복원

R, B평면의 보간은 HA방법을 응용해서 상대적으로 고해상도를 갖는 G평면의 고주파 성분을 추가하는 방법을 사용한다. A13(R13 또는 B13)의 화소를 보간하기 위해서 해당되는 색상 정보 방향으로 평균을 취하여 저주파 성분을 획득하고, G평면에서 해당되는 색상과 동일 방향으로 고주파 성분을 획득한다. 획득한 저주파 성분과 고주파 성분 모두 포함하여 값을 결정한다. 기존의 HA방법에서 R, B평면을 보간하기 위해서 사용하던 픽셀 위치보다 육각형 배열의 R, B 평면에서 보간에 사용되는 화소의 위치가 더 근거리에 있기 때문에 기존의 HA방법에서 사용된 고주파 성분에 대한 가중치를 재 검토해볼 필요가 있다.

본 논문에서는 이 가중치는 매개변수 w로 설정하여 고주파 성분의 값을 조절한다. 이는 가장 기본적으로 알려진 1차 보간법과 육각형 배열에 맞게 적용된 HA방법을 통합시키는 변수로 사용할 수 있다. 이는 식(7)과 같이 정리할 수 있다.

$$R13=(R7+R19)/2+w(-G1+2G13+G25)/4 \tag{7}$$

여기서 w는 가중치를 의미한다. 예를 들어, w=0이면 복원된 값은 고주파 성분이 포함되지 않고 저주파 성분만을 가지므로 1차 보간법과 결과가 같고, w=2이면 결과 값은 HA 방법에 사용된 가중치 값이 적용된 결과를 갖는다.

B 평면에 대해서도 동일하게 역 대각선 방향으로 동일 평면의 정보가 있는 A13위치를 보간 할 때에는 다음과 같은 수식으로 나타낼 수 있다.

$$B13=(B9+B17)/2+w(-G5+2G13+G21)/4 \tag{8}$$

4. 실험 결과

사각형 패턴에서 사용하는 HA방법은 고정된 가중치 2를 사용하고 있다. 그러나 육각형 배열에 HA방법을 적용하면서 보간에 사용하는 픽셀 정보가 달라지기 때문에 기존에 사용하는 가중치를 그대로 적용하는 것은 무리가 있다. 따라서 가중치 별로 실험을 수행하여 새로운 가중치를 찾는 것이 필요하다. 또한 새로운 형태의 육각형 배열의 CFA에서 복원된 영상에 대한 객관적인 비교 평가 방법이 필요하다. 이를 위해서 본 논문에서는 그림 7과 같이 가중치를 결정하고 제안된 방법을 객관적으로 비교평가 하기 위한 실험 구조를 제시한다. 육각형 배열의 CFA패턴에 얻어진 복원된 영상과 동일한 화소 위치 값을 비교하기 위해서 원본 영상

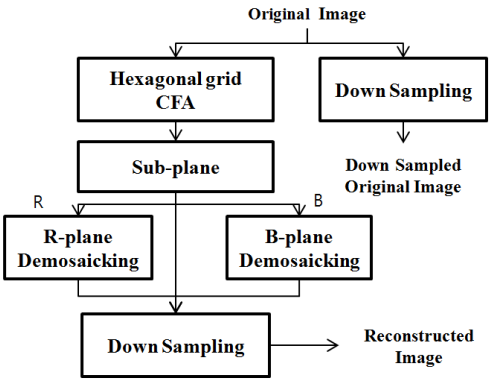


그림 7 육각형 배열의 CFA영상 디모자이킹 과정
Fig. 7 Demosaicking process for hexagonal grid CFA image

의 동일한 위치 값을 다운 샘플링해서 구축해야한다. 제안된 방법은 육각형 배열에서 복원된 영상이 G평면을 기준으로 샘플링 되었기 때문에, 원본 영상에서 디모자이킹 된 영상의 픽셀 위치와 동일한 위치의 색상 정보만을 획득하여 비교 영상을 만든다.

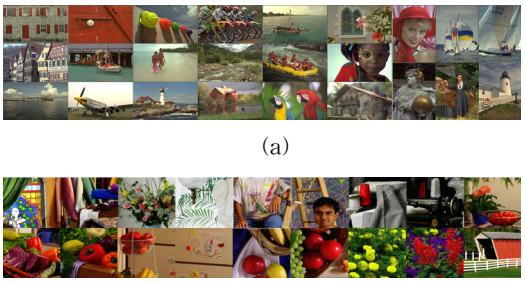
앞서 제안한 방법에서 육각형 패턴에 적합한 가중치를 추출하기 위해 다양한 가중치로부터 성능을 측정한다. 식(9)에서 정의된 PSNR(peak signal to noise ratio)를 이용한다.

$$PSNR=10\log_{10}\left(\frac{255^2}{MSE}\right), \tag{9}$$

$$MSE=\frac{1}{mn}\sum_{i=0}^{m-1}\sum_{j=0}^{n-1}\left(x_{i,j}-x_{i,j}^{*}\right)^2 \tag{10}$$

여기서 MSE(mean squared error)는 복원된 영상과 원영상 사이의 차분 에너지이다. 그림 8에서 보여주듯이, 실험에 사용하는 데이터는 맥매스터 영상 18장과 코닥 영상 24장을 기준으로 하며, 실험은 가중치가 0부터 36/16까지 1/16 단위로 수행하여 PSNR 값을 기준으로 최적의 가중치를 찾는다.

그림 9은 가중치에 따른 복원된 R, B 평면의 PSNR 값을 나타낸다. R, B평면을 각각 표시하였으며 실선으로 표시된 데이터는 R 평면을 나타내고 점선으로 표시된 그래프는 B 평면을 나타낸다. 먼저 그림 9(a)의 코닥 영상은 맥매스터 영상과 비교하여 고주파 성분에 대한 상관도가 높아 고주파 성분을 추가하였을 때 최대 3.2dB 성능 개선이 있고, 가중치



(a)

(b)

그림 8 테스트 영상 (a) Kodak 영상 (b) McMaster 영상
Fig. 8 Test images (a) Kodak images (b) McMaster images

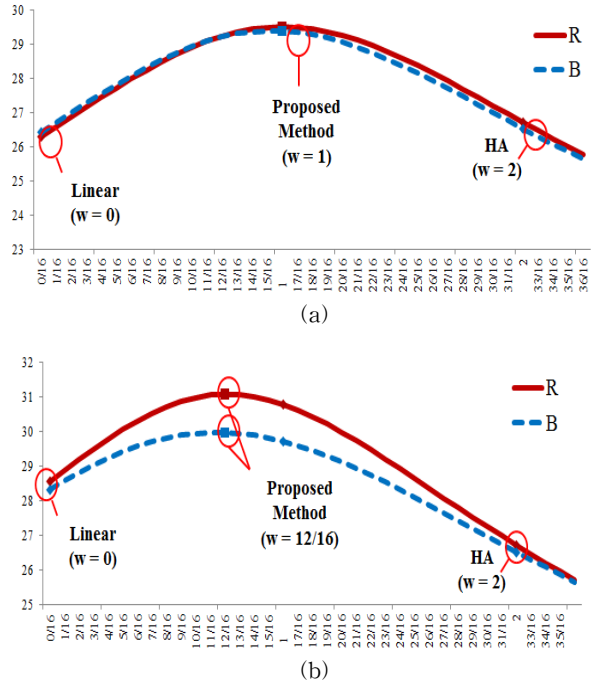


그림 9 (a) 가중치에 따른 코닥 영상의 PNSR 변화 그래프 (b) 가중치에 따른 맥매스터 영상의 PSNR 변화 그래프

Fig. 9 (a) PSNR graphs for Kodak image set (b) PSNR graphs for McMaster image set

가 1일 때 R평면, B평면 각각 평균 PSNR 값이 29.50dB, 29.40dB로 가장 성능이 좋다. 그림 9(b)의 맥매스터 영상은 코닥 영상과 비교하여 고주파 성분에 대한 상관도가 낮기 때문에 PSNR이 최대 2.4dB 성능 개선이 있고, 그때의 가중치가 12/16 일 때 R평면, B평면 각각 31.08dB, 29.98dB로 성능이 좋음을 확인하였다. 이를 통해 영상의 특성에 따라 고주파 성분에 대한 가중치가 다르게 요구되는 것을 확인할 수 있다.

또한 그림 9의 결과를 보면, 각 컬러 평면 별로 최적의 가중치 값이 유사한 것으로 보인다. 따라서 R/B 평면에 각 별적인 가중치는 필요하지 않음을 알 수 있다. 하지만 사용되는 영상의 종류에 따라 다소 다른 가중치를 보이고 있고, 특히 HA 방법에 사용한 가중치와는 상당히 다른 결과를 보여준다.

표 1과 표 2는 각각 코닥 영상과 맥매스터 영상에서의 PSNR 결과를 보여준다. 이들 표에서 가중치는 식(7), (8)에서의 w값을 의미하며 이 값이 0일 때, 제안된 방법에 따라 같은 평면에 대한 1차 보간이 수행된다.

가중치가 2일 때에는, HA의 고정된 가중치와 동일함을 알 수 있다. 앞서 그림 9의 분석을 통해 코닥 영상과 맥매스터 영상에서 가장 높은 가중치인 1과 12/16의 PSNR 결과를 보면 코닥 영상의 경우 기존 HA보다 평균적으로 PSNR이 3dB높음을 알 수 있고 맥매스터 영상의 경우 기존 HA보다 평균적으로 PSNR이 4dB높음을 알 수 있어 육각형 배열에는 기존 HA의 가중치보다 적은 가중치가 요구됨을 확인할 수 있다.

표 1 코닥 영상에 대한 PSNR 결과

Table 1 PSNR results for Kodak data set

Kodak	R			B		
	0	1	2	0	1	2
1	22.64	**26.04**	22.33	22.69	**26.18**	22.65
2	28.77	**31.68**	30.50	29.82	**32.81**	30.97
3	30.45	**33.25**	30.34	31.10	**32.83**	29.54
4	29.60	**32.02**	29.32	29.67	**33.07**	30.26
5	22.39	**25.43**	22.75	22.68	**25.45**	22.66
6	23.81	**27.39**	24.89	24.21	**27.05**	24.13
7	29.26	**31.99**	27.36	29.34	**32.37**	28.07
8	19.79	**23.71**	21.26	19.91	**23.42**	20.78
9	28.36	**32.06**	28.12	28.57	**31.89**	27.70
10	28.56	**31.70**	28.44	28.44	**31.36**	28.10
11	25.21	**28.42**	25.98	25.59	**28.59**	25.91
12	29.74	**32.37**	29.01	29.45	**32.53**	29.40
13	20.41	**23.33**	21.70	20.42	**23.00**	21.38
14	24.76	**27.67**	25.15	25.69	**28.02**	24.98
15	29.12	**31.11**	28.58	29.68	**32.39**	29.68
16	27.24	**30.71**	28.40	27.63	**30.66**	28.04
17	28.38	**31.48**	28.45	28.04	**31.04**	28.42
18	25.01	**28.46**	25.92	24.76	**27.74**	25.67
19	24.10	**28.69**	25.80	24.36	**28.03**	24.39
20	27.68	**31.46**	29.02	27.87	**30.55**	27.93
21	24.58	**28.17**	25.40	24.82	**27.85**	24.98
22	26.74	**30.07**	27.24	26.38	**29.22**	26.57
23	30.73	**34.08**	30.61	30.53	**33.98**	30.67
24	23.87	**27.04**	24.76	22.78	**25.39**	23.90
ave	26.30	**29.51**	26.72	26.43	**29.39**	26.53

표 2 맥매스터 영상에 대한 PSNR 결과

Table 2 PSNR results for McMaster data set

Mc Master	R			B		
	0	12/16	2	0	12/16	2
1	23.77	**25.56**	21.46	22.91	**23.53**	20.31
2	27.63	**30.59**	26.37	26.94	**28.86**	25.52
3	22.87	**26.01**	23.50	21.61	**24.21**	23.35
4	23.70	**27.84**	26.28	22.86	**26.33**	26.04
5	31.02	**31.31**	24.40	25.83	**27.49**	24.85
6	32.23	**34.71**	27.47	31.43	**30.95**	25.60
7	27.18	**30.10**	26.94	26.27	**28.88**	26.88
8	27.20	**30.63**	27.77	27.55	**30.64**	27.34
9	28.15	**30.43**	27.19	29.33	**31.81**	28.36
10	31.20	**33.07**	27.87	30.34	**32.22**	28.45
11	32.34	**34.80**	29.69	33.39	**34.06**	29.40
12	30.20	**32.76**	26.05	27.92	**30.90**	27.31
13	33.36	**36.47**	30.49	33.03	**34.76**	30.13
14	32.12	**34.79**	31.35	31.44	**32.81**	30.04
15	32.01	**33.53**	30.44	33.54	**35.40**	31.87
16	25.90	**29.77**	24.15	30.45	**29.14**	22.57
17	27.72	**27.94**	23.81	28.53	**27.58**	23.41
18	25.51	**29.20**	25.68	26.33	**29.99**	25.66
ave	28.56	**31.08**	26.72	28.32	**29.98**	26.51

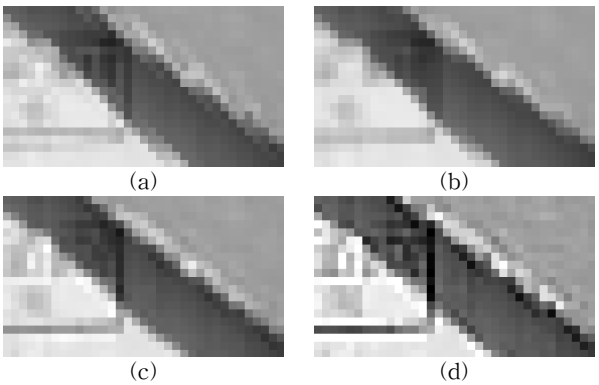


그림 10 맥매스터 18번 R평면 영상 결과 (a) 원본 영상 (b) Linear(w = 0) (c) 제안하는 방법(w = 1) (d) HA(w = 2)

Fig. 10 Resulting images from McMaster R-plane images at No.18 by (a) original image (b) Linear(w = 0) (c) Proposed method(w = 12/16) (d) HA(w = 2)

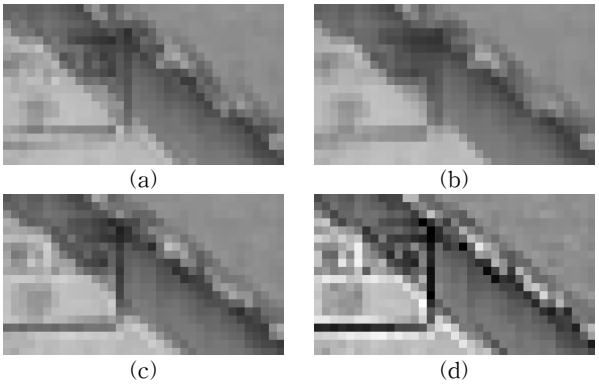


그림 11 맥매스터 18번 B평면 영상 결과 (a) 원본 영상 (b) Linear(w = 0) (c) 제안하는 방법(w = 1) (d) HA(w = 2)

Fig. 11 Resulting images from McMaster B-plane images at No.18 by (a) original image (b) Linear(w = 0) (c) Proposed method(w = 12/16) (d) HA(w = 2)

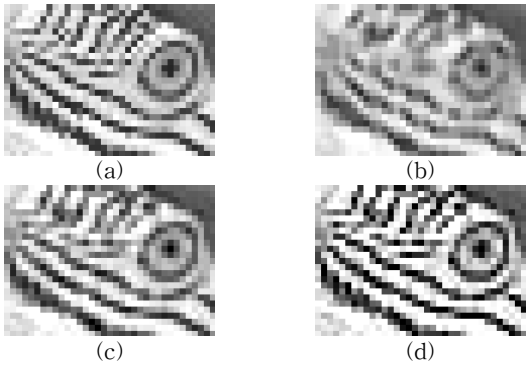


그림 12 코닥 23번 R평면 영상 결과 (a) 원본 영상 (b) Linear(w = 0) (c) 제안하는 방법(w = 1) (d) HA(w = 2)

Fig. 12 Resulting images from kodak R-plane images at No.23 by (a) original image (b) Linear(w = 0) (c) Proposed method(w = 1) (d) HA(w = 2)

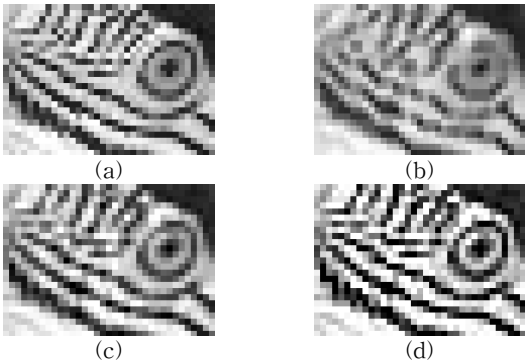


그림 13 코닥 23번 B평면 영상 결과 (a) 원본 영상 (b) Linear(w = 0) (c) 제안하는 방법(w = 1) (d) HA(w = 2)

Fig. 13 Resulting images from kodak R-plane images at No.23 by (a)original image (b) Linear(w = 0) (c) Proposed method(w = 1) (d) HA(w = 2)

그림 10부터 그림 13에서는 제안된 방법의 성능을 주관적으로 선형보간(w=0), HA방법(w=2) 등의 기존 방법과 평가한 결과 영상이다. 원 영상에 비하여 선형보간 방법이 영상에 흐림현상을 가지고 있는 것을 확인 할 수 있다. 또한 HA방법의 가중치는 다소 과도하게 고주파 성분이 강화되었음을 보여준다. 반면에 최적인 가중치를 적용한 제안된 방법은 원본과 비교하여 가장 유사한 주관적인 성능을 보여준다.

5. 결 론

본 논문에서는 육각형 배열의 센서를 사용하여 획득한 CFA영상의 특징에 맞는 디모자이킹 방법을 제시한다. 새로운 센서 배열에 대한 이해를 바탕으로 기존 배열과의 차이점을 분석하고, 선형 디모자이킹 기술의 기반이 되는 HA방법을 적용하였다. 육각형 배열의 센서를 사용한 영상에서의 HA방법의 적용은 패턴에 따른 위치 변화로 인해 고주파 성분을 조절하는 가중치를 두어 실험을 통해 최적의 가중치를 찾았다. 제안한 방법을 입증하기 위해 코닥영상과 맥매스터 영상을 대상으로 가중치에 대한 주관적, 객관적 성능을 평가하였다. 객관적 평가에서는 기존에 HA 방법에 적용되던 가중치보다 작은 1과 12/16 값에서 우수한 성능을 보이는 것을 확인하고, 주관적 성능 평가에서도 새로운 가중치에서 보다 우수하게 영상 복원이 이루어지는 것을 확인했다. 이러한 결과는 육각형 배열의 센서를 사용하여 획득한 영상에 선형 디모자이킹 방법을 적용 할 시 기존의 가중치와는 다른 새로운 가중치가 적용되어야 함을 의미한다.

References

[1] B. E. Bayer, “Color imaginig array,” US patent 3971065, 1975.

[2] R. Lukac, Single-sensor imaging: methods and applications for digital cameras, CRC Press, 2009.

[3] O. Losson, L. Macaire, Y. Yang, Advances in Imaging and Electron Physics, Elsevier, vol. 162 pp. 173-265, 2010.
[4] Y.-K. Lee, H. Yoo, "Demosaicking method using high-order Interpolation with parameters," The transactions of the Korea Institute of Electrical Engineers, vol. 62, no. 9, pp. 1276-1282, 2013.
[5] H. Yoo, D. Yoon, and D. Kim "Decimation-interpolation structures for image communications and improvement using the lifting scheme," IEEE Trans. Consumer Electronics, vol. 56, no. 4, pp. 2669-2677, Nov. 2010.
[6] B.-D. Choi and H. Yoo, "Design of piecewise weighted linear interpolation based on even-odd decomposition and its application to image resizing," IEEE Trans. Consumer Electronics, vol. 55, no. 4, pp. 2280-2286, Nov. 2009.
[7] D.-H. Shin and H. Yoo, "Computational integral imaging reconstruction method of 3D images using pixel-to-pixel mapping and image interpolation," Elsevier Optics Communications, vol. 282, no. 14, pp. 2760-2767, 15 July 2009.
[8] H. Yoo and D.-H. Shin, "Image quality enhancement in 3D computational integral imaging by use of interpolation methods," OSA Optics Express, vol. 15, no. 19, pp. 12039-12049, Sep. 2007.
[9] J. S. Jimmy Li and S. Randhawa, "Color filter array demosaicking using high-order interpolation techniques with a weighted median filter for sharp color edge preservation," IEEE Transaction on Image Processing, vol. 18, no. 9, pp. 1946-1957, 2009.
[10] K.-H. Chung and Y.-H. Chan, "Color demosaicing using variance of color differences," IEEE Transaction on Image Processing, vol. 15, no. 10, pp.2944-2955, 2006.
[11] A. Buades, B. Coll, J.-M. Morel, and C. Sbert, "Self similarity driven demosaicking," IEEE Transaction on Image Processing, vol. 18, no. 6, pp.1192-1202, 2009.
[12] E. Dubois, "Frequency-domain methods for demosaicking of bayer-sampled color images," IEEE Signal Processing Letters, vol. 12, pp. 847-850, 2005.
[13] H. Yoo, "Analysis on the new McMaster image dataset to develop demosaicking techniques," Journal of Korea Institute of Information and Communicate Engineering, vol. 16, no. 2, pp. 344-349, 2012.
[14] T. Yamada, K. Ikeda, Y. G. Kim, and H. Wakoh, "A progressive scan ccd image sensor for dsc applications," IEEE Journal Solid-State Circuits, vol. 35, no.12, pp. 2044-2054, 2000.
[15] T. Kuno and H. Sugiura, "Imaging apparatus and mobile terminal incorporating same," US patent 0081132, 2003.
[16] T. Takayaman, "Linear image sensor," US patent 5956087, 1999.

저 자 소 개

이 경 미(Kyungme Lee)

2011년 상명대학교 미디어소프트웨어학과 입학 2014년 9월 현재 상명대학교 미디어소프트웨어학과 학석사 연계과정

유 훈(Hoon Yoo)

1997년 한양대학교 전자통신공학과 졸업, 1999년 동대학원 공학석사, 2003년 동대학원 전자통신공학과 공학박사, 2003~2005년 삼성전자 무선사업부 책임연구원, 2005~2008년 동서대학교 컴퓨터 정보공학부 조교수, 2008~2012년 상명대학교 디지털미디어학부 조교수, 2012~현재 상명대 미디어소프트웨어학과 부교수, 1997년 제3회 삼성전자 휴먼테크 논문상 대회 입상, 2005년 삼성전자 위성 DMB 폰과 지상파 DMB 폰 개발 및 양산

Tel : 02-2287-5494

E-mail : hunie@smu.ac.kr