

## 이산여현변환을 이용한 베이어 패턴 디모자이킹 알고리즘

\*신혜진 \*\*전광길 \*\*\*정제창

\*한양대학교 지능형로봇학과 \*\*인천대학교 임베디드시스템공학과 \*\*\* 한양대학교 지능형  
로봇학과, 전자컴퓨터통신공학과

\*cieloNsky@gmail.com \*\*gjeon@gmail.com \*\*\*jjeong@ece.hanyang.ac.kr

## DCT Methods for Demosaicking of Bayer-Sampled Color Images

\*Shin Hyejin \*\*Jeon Gwanggil \*\*\*Jeong, Je-Chang

\*Intelligent Robot Eng. Dept., Hanyang University \*\*Embedded Systems Eng. Dept.,  
University of Incheon \*\*\*Intelligent Robot Eng. Dept., Electronics and Computer Eng. Dept.,  
Hanyang University

## 요약

본 논문에서는 이산 코사인 변환한 결과를 기반으로 필터링을 통해 디모자이킹 하는 알고리즘을 제안한다. 이산 코사인 변환한 결과로 에너지가 에지방향의 정보를 나타내는 분포 특성을 활용하여 기중치를 부여할 수 있는 효율적인 방법을 제안하고 이를 통해 필터링 하는 방법을 제안한다. 실험결과에서는 기존의 양선형 보간법에 비해 PSNR 측면에서의 뛰어난 성능을 보여준다.

## 1. 서론

디지털 카메라의 보급이 확산됨에 따라 많은 사람들은 사진을 찍을 때, 필름카메라를 대신하여 디지털 카메라를 선택하게 되었다. 디지털 카메라에서 컬러 이미지를 표현하기 위해서는 각 화소 당 최소 세 개 이상의 컬러 채널이 필요하게 되는데, 이미지 센서들은 빛의 밝기 정보만을 받아들일 뿐 색상 정보를 분리해내지 못하기 때문에 컬러 이미지를 얻기 위해서 각 화소 당 세 개 이상의 이미지 센서가 필요하게 된다. 하지만 이미지 센서들은 매우 비싸기 때문에 전문가용을 제외한 대부분의 디지털 카메라에선 컬러 필터 어레이를 포함한 단일 이미지 센서를 사용하고 있다 [1].

가장 많이 사용되는 컬러 필터 배열로는 베이어 컬러 필터 배열이 있다. 사람의 눈은 빨간색이나 파란색 정보보다는 녹색 정보에 민감하므로 베이어 필터에서는 단일 그룹 당 두 개의 녹색화소와 각각 한 개씩의 빨간색, 파란색 화소로 구성되어 있다.

그러나 단일 이미지 센서를 통해 얻어진 이미지들은 각 화소 당 하나의 색상 정보만을 가지게 되기 때문에 사람이 볼 수 있는 이미지로 만들기 위해서는 나머지 두 개의 손실된 색상 정보를 복원해야 하며, 이 과정을 디모자이킹이라 부른다. 현재까지 수많은 향상된 디모자이킹 알고리즘이 제안되어왔다. 그 중 가장 간단한 알고리즘으로는 양선형 보간법(Bilinear Interpolation)이 있다. 양선형



(a) (b)  
그림1(a). 원본 영상 (b). 베이어 컬러필터 배열

보간법은 구현이 간단하고, 계산 복잡도가 높지 않은 장점이 있지만 지퍼모양의 에러나 무지개 형태의 에러를 발생시키는 문제가 있다. Cok은 색비 신호는 빠르게 변화하지 않는다는 점을 발견하였고, 녹색 컴포넌트는 양선형 보간법으로 보간한 뒤 빨간색과 파란색 컴포넌트는 보간된 녹색 컴포넌트와 빨간색/파란색 컴포넌트 사이의 색비를 이용하여 보간하는 알고리즘을 제시하였다 [2].

그러나 이 알고리즘 역시 에지 부근에서 지퍼 모양의 에러를 발생시키는 문제를 가지고 있었기 때문에 이를 개선하기 위한 방법으로 경사도를 사용하는 알고리즘들이 제시되었다 [3]. 경사도를 이용한 알고리즘들은 경사도 정보를 이용하여 에지의 방향을 판단하고, 이 방향에 있는 이웃 화소들을 이용하여 잃어버린 색상 정보를 복원하기 때문에 에지 영역에서 좋은 결과를 보여주게 된다.

주파수 영역에서의 대표적인 디모자이킹 방법은 Gunturk등이 제시한 방법이 있는데, 이 방법은 공간상에서의 방법을 이용해서 잃어버린 컬러값을 구한 후 주파수 영역에서 레드와 블루 채널의 고주파 성분들을 제약 조건(constraint sets)이 만족 될 때까지 반복적으로 사영(projection)하는 방법이다 [4]. 흔히 이 과정을 교대 사영(Alternating projection)이라고 부른다. 이와 같은 반복적인 방법이 좋은 성능을 보이지만, 계산상의 효율성이 떨어지게 된다.

Gunturk의 논문을 시작으로 최근에 주파수 영역의 다양한 이점들을 사용하는 많은 연구가 행해져 오고 있다. Eric Dubois는 휘도신호와 색차신호간에 간섭(crosstalk)가 있다는 점을 참고하여 에너지 값을 이용한 서로 다른 가중치를 부여하고 디모자이킹 하는 방법을 제안했다 [5].

본 논문에서는 이산 여현 변환을 하고 나타내어진 값이 에지 방향과 높은 상관성이 있다는 가정을 전제로 하여 새로운 디모자이킹 방법을 제안한다. 제안 방법에서 이산 여현 변환을 이용한 에지 방향 적용을 위해 이산 여현 변환한 값들의 합을 이용하였다. 실험 결과는 기존의 방법보다 우수한 결과를 보여준다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 제안 알고리즘을 설명하고 3장에서는 제안된 방법을 이용하여 보간된 영상을 객관적 CPSNR 측면에서 기존의 방법들과 성능을 비교하고 4장에서 결론을 맺는다.

## 2. 제안하는 알고리즘

본 논문에서는 방향성을 고려한 가중치 합을 이용하여 베이어 필터를 이용하여 얻어진 이미지를 컬러 이미지로 복원하는 알고리즘에 초점을 맞추고 있다. 제안하는 알고리즘은 수직, 수평 경사도를 이용하여 가중치를 줄 방향을 결정하는데 이산 여현 변환을 사용하고 있다.

이산 여현 변환(Discrete Cosine Transform, DCT)은 원 영상신호를 주파수 성분의 조합으로 표현하는 변환이다.

$$F(u,v) = \frac{1}{4} C(u)C(v) \sum_{i=0}^7 \sum_{j=0}^7 f(i,j) \cos\left\{\frac{(2i+1)u\pi}{16}\right\} \cos\left\{\frac{(2j+1)v\pi}{16}\right\}$$

$$C(u) = \frac{1}{\sqrt{2}} (u=0), C(v) = \frac{1}{\sqrt{2}} (v=0) \quad (1)$$

$$C(u) = 1 (u \neq 0), C(v) = 1 (v \neq 0)$$

8×8, 16×16 등 복수의 화소를 모아서 블록을 만들고 그 블록단위로 압축부호화 처리를 수행하는 블록부호화 기술의 하나이다.

하지만 표 1(a), (b)를 보면 알 수 있듯 이산 여현 변환은 에지방향의 정보를 담고 있다는 것을 알 수 있다.

그러므로 본 논문에서는 Dubois의 필터링 방법에서의 에너지 계산을 이산 여현 변환을 통하여 구하고자 한다. 수평과 수직 에지 방향을 고려한 가중치를 구하기 위해

표 1(a). 가로방향의 주파수가 높은 영상

0	128	0	128	0	128	0	128
0	128	0	128	0	128	0	128
0	128	0	128	0	128	0	128
0	128	0	128	0	128	0	128
0	128	0	128	0	128	0	128
0	128	0	128	0	128	0	128
0	128	0	128	0	128	0	128
0	128	0	128	0	128	0	128

표 1(b). 그림 2-1의 이산 여현 변환 결과

512	-92.29	0	-108.8	0	-162.9	0	-463.9
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

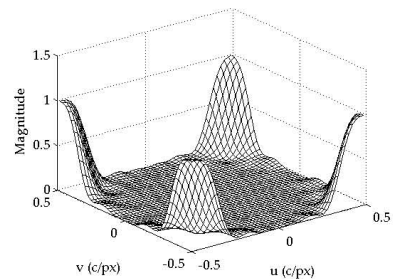
여 8×8블록 DCT를 하고 그 결과를 가로방향과 세로방향으로 더한 값을 계산한다.

식(2), (3)에서 N1과 N2는 각각 가로방향과 세로방향의 픽셀크기를 8로 나누어 블록의 위치를 나타낸다. 또한,  $\sum hor, \sum ver$ 은 각각 이산 여현 변환 값을 가로방향과 세로방향을 더한 합이다.

$$i = 1 \sim N1, j = 1 \sim N2$$

$$\sum hor = \sum_{m=1}^8 |DCT((i-1) \times 8 + 1, (j-1) \times 8 + m)| \quad (2)$$

$$\sum ver = \sum_{m=1}^8 |DCT((i-1) \times 8 + m, (j-1) \times 8 + 1)| \quad (3)$$



(a)

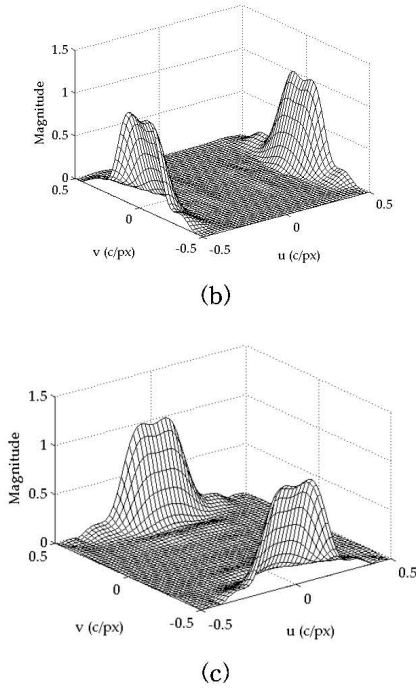


그림 2. 사용된 필터. (a)  $h_1$ , (b)  $h_{2a}$ , (c)  $h_{2b}$ .

$\sum hor, \sum ver$ , (4)을 이용하여 이 값들의 평균으로 가중치를 결정한다.

$$W = \frac{\sum hor}{\sum hor + \sum ver} \quad (4)$$

결과적으로 제안하는 알고리즘은 다음에 따른다.

1) 컬러 필터 배열에 식 (5)를 이용하여  $h_1$  필터를 씌우고 식 (6)을 이용해 기저대역으로 이동시킨다. 그림 3(a)은 필터  $h_1$ 을 나타낸다.

$$\widehat{f_{c1m}} = f_{CFA} * h_1 \quad (5)$$

$$\widehat{f_{c1}}[n_1, n_2] = \widehat{f_{c1m}}[n_1, n_2](-1)^{n_1+n_2} \quad (6)$$

2) 컬러 필터 배열에 식(7)을 이용하여  $h_{2a}$  필터를 씌워  $\widehat{f_{c2ma}}$ 를 구하고, 식(8)을 이용하여 기저대역으로 이동시킨다. 비슷한 방법으로 식(9), (10)을 이용하여  $\widehat{f_{c2mb}}$ 를 구한다. 구해진 두 값과 식(11)을 이용해  $\widehat{f_{c2}}$ 를 구한다.

$$\widehat{f_{c2ma}} = f_{CFA} * h_{2a} \quad (7)$$

$$\widehat{f_{c2a}}[n_1, n_2] = \widehat{f_{c2ma}}[n_1, n_2](-1)^{n_1} \quad (8)$$

$$\widehat{f_{c2mb}} = f_{CFA} * h_{2b} \quad (9)$$

$$\widehat{f_{c2b}}[n_1, n_2] = \widehat{f_{c2mb}}[n_1, n_2](-1)^{n_2} \quad (10)$$

$$\widehat{f_{c2}}[n_1, n_2] = w[n_1, n_2] \widehat{f_{c2a}}[n_1, n_2] \quad (11)$$

3) 휘도 값은 식(12)을 이용하여 구한다.

$$\widehat{f_L}[n_1, n_2] = f_{CFA}[n_1, n_2] - \widehat{f_{c1m}}[n_1, n_2] - \widehat{f_{c2}}[n_1, n_2]((-1)^{n_1} - (-1)^{n_2}) \quad (12)$$

4) 구해진  $\widehat{f_L}, \widehat{f_{c1}}, \widehat{f_{c2}}$ 를 이용하여  $\widehat{f_R}, \widehat{f_G}, \widehat{f_B}$ 를 구한다.

### 3. 실험 결과

제안하는 알고리즘의 성능을 살펴보기 위해 기존 알고리즘들과의 CPSNR을 비교하였다. 실험에는  $768 \times 512$  크기의 KODAK영상을 사용하였다.

표 2 기존 알고리즘과의 상대적인 CPSNR[ΔdB] 비교  
(A) 양선형 보간. (B) POCS [4]. (C) 제안된 알고리즘.

영상	A	B	C
Lighthouse	27.74	32.88	37.58
Sails	31.79	35.62	40.08
Statue	31.11	34.85	39.67
Window	32.44	35.59	39.48
평균	30.77	34.73	39.20

표 2는 기존의 알고리즘인 양선형 보간법(Bilinear)과 POCS[4], 그리고 제안하는 알고리즘의 CPSNR[dB]를 나타낸 결과이다. 이때 CPSNR은 R,G,B 각각의 MSE의 합을 이용한 PSNR이다. 표 2에서 볼 수 있듯이 제안하는 알고리즘은 양선형 보간법과 POCS에 비해 평균적으로 각각 8.43, 4.47 개선되었다.

### 4. 결론

본 논문은 이산 여현 변환(DCT)을 이용한 베이어 컬러 필터 배열 디모자이킹 방법을 제안했다. 베이어 컬러 필터 배열된 이미지를  $8 \times 8$  블록 DCT하고 각 블록에서의 가로방향과 세로방향의 합을 이용하여 가중치를 적용하였다. 또한 이 가중치를 색차 신호에서 보간할 때 효율을 높이기 위해 적용하였고 기존의 방법보다 CPSNR측면에서 향상된 디모자이킹을 수행하였다. 제안된 알고리즘은 DCT한 후 배열되는 에너지의 특성을 이용하였기 때문에 기존 방법과 비교하여 우수한 성능을 보여주었다.

### 5. 감사의 글

“본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 육성지원 사업의 연구결과로 수행되었음”(NIPA-2012-C1090-1200-0010)

---

### 참고문헌

- [1] B. E. Bayer, "Color imaging array," U.S. Patent 3971065, Jul. 1976.
- [2] D. R. Cok, "Signal Processing method and apparatus for producing interpolated chrominance values in a sampled color image signal," U.S. Patent 4642678, Feb. 1987.
- [3] J. E. Adams and J. F. Hamilton Jr., "Adaptive color plane interpolation in single sensor color electronic camera" U.S. Patent 5629734, Jan. 1995.
- [4] Bahadır K. Gunturk, Yucel Altunbasak, and Russell M. Mersereau, "Color plane interpolation using alternating projections," IEEE Trans. Image Process., vol. 11, no.9, pp.997-1013, Sep.2002.
- [5] E. Dubois, "Frequency-domain methods for demosaicking of Bayer-sampled color image," IEEE Signal Process. Lett., vol.12,no.12,pp.847-850,Dec.2005.