

Color Filter Array에 대한 고품질 영상보간기법

이 봉 준, 이 철 희

연세대학교 전기·컴퓨터 공학과

전화 : (02) 361-2779 / 팩스 : (02) 312-4584

High Quality Image Interpolation for Color Filter Arrays

Bongjun Lee and Chulhee Lee

Dept. of Electric and Computer Engineering, Yonsei University

E-mail : chulhee@yonsei.ac.kr

Abstract

In this paper, we present a new interpolation method for the color filter array(CFA). In order to capture color images, typical input devices use a single chip CCD imaging sensor with color filter array. As a result, the single chip CCD does not provide sufficient color resolutions since it arranges different color filters sequentially on a single CCD, resulting in aliasing noise and loss of resolution. In order to reconstruct high quality color images, we propose to use the interpolation algorithm using high order B-splines. Experiments show promising results.

I. 서론

일반적으로 비용 및 크기 문제로 범용 칼라 영상 입력장치는 CFA(color filter array)를 사용하는 단일 칩의 CCD로 구성되어 있다. 입력 영상의 컬러 신호는 color filter array를 통해 샘플링되고, 컬러 영상을 복원하기 위하여 샘플링된 영상들을 보간(interpolation)하여야 하며 이를 위해 위해 다수의 보간기법들이 제안되었다[1]. 본 논문에서는 고품질 칼라 영상 복원을 위하여 최근 제안된 B-spline 보간기법의 하나인 Cubic spline 보간기법을 적용하여 영상을 보간한다[2].

II. B-spline 보간기법

Spline 보간기법은 주어진 데이터를 연속함수로 정합시킨 후 보간하고자 하는 새로운 샘플 주기로 재샘플링하는 기법으로 다음과 같은 수식으로 표현된다.

$$s(x) = \sum_{k \in \mathbb{Z}} c(k) \beta^n(x-k) \quad \dots \dots (1)$$

여기서 $c(k)$ 는 spline 계수들이고, $\beta^n(x)$ 은 B-spline 기반함수, $s(x)$ 는 보간 시 유도되는 연속함수이다. 기반함수는 식 (2)와 같이 계단함수의 콘볼루션으로 구성되며 0-3차 B-spline은 그림 1과 같다.

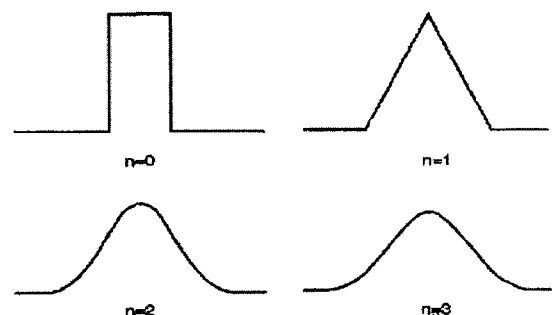


그림 2. B-spline 기반 함수

$$\beta^n = \begin{cases} 1, & -\frac{1}{2} < x < \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2}, & |x| = \frac{1}{2}, \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \dots\dots\dots (2)$$

$$\beta^n(x) = \beta^0 * \beta^0 * \dots * \beta^0(x) : n+1 \text{ times}$$

그림 1과 같은 기함수로 2차원 영상을 보간할 경우 0차 nearest neighborhood 보간기법은 보간하고자 하는 픽셀 주위의 네 픽셀이 형성하는 격자형태에서 유클리디언 거리가 가장 짧은 픽셀을 보간 값으로 취한다. 1차 bilinear 보간 기법은 주위를 둘러싸고 있는 네 픽셀을 사용하여 보간한다. 3차 cubic spline 보간기법은 보간하고자 하는 픽셀 주위에 16개의 픽셀을 이용하여 보간을 하게 된다. 0차와 1차, 그리고 3차 보간기법으로 보간될 픽셀과 보간에 사용될 픽셀과의 관계를 도식하면 다음과 같다.

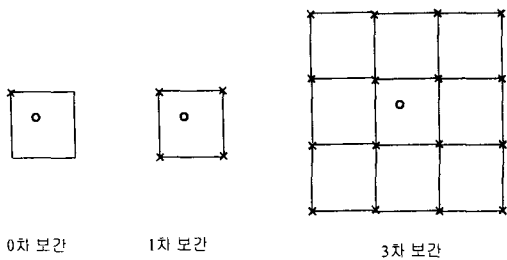


그림2. 보간시 사용될 픽셀들과의 관계.

그림 2에서 O는 보간될 픽셀, X는 보간에 사용될 픽셀을 나타낸다.

일반적으로 디지털 스틸 카메라에서는 위 보간기법 중 일반적으로 1차 B-spline 보간기법이 주로 이용된다. 그러나, 1차 B-spline 보간기법으로는 고품질 영상의 획득에 한계가 있다. 따라서 본 논문에서는 고품질 칼라영상을 획득하기 위해 고차원 B-spline 보간기법을 적용하였다.

III. CCD 카메라 보간기법

3.1. Color Filter Array의 구조

그림 3은 단일 칩 CCD에서 사용되는 CFA의 예를 보여 준다. 여기에서 R은 적색, G는 녹색, B는 청색을 의미한다. 위 구조 중 왼쪽의 구조는 Bayer Filter로 지칭되며 디지털 카메라에서 가장 많이 사용되고 있는 필터 구조의 하나이다. 이 중 G는 휘도와 연관성이 높

으므로 단일칩 CCD에서 다른 색 요소보다 많은 부분을 차지한다.

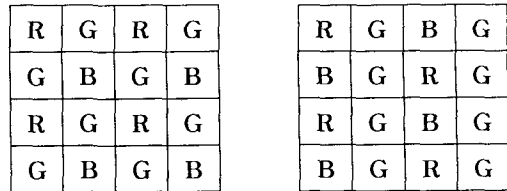


그림 3. Color Filter Array의 구조

3.2. 3차 B-spline 보간기법의 적용

일반적으로 단일 칩 CCD에서는 1차 B-spline 보간기법을 적용한다. 그러나, 고품질의 영상을 보간하기 위하여 1차 B-spline 보간기법에는 한계가 있다. 그림4는 1열에 대하여 원 영상 데이터 열과 1차 B-spline으로 보간한 데이터열, 그리고 그 차이를 나타낸 것이다.

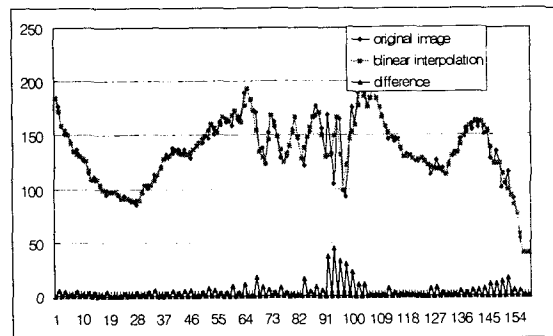


그림 4. 원영상과 보간영상과의 차

그림 4에서 보면 원 영상 데이터열과 1차 B-spline을 적용한 데이터 열과는 최대 45까지 차이가 생김을 확인할 수 있다. 1차 B-spline 보간기법은 영상을 2배로 확대한 경우 보간될 픽셀을 중심으로 네 픽셀의 평균 값을 취한다. 즉 일종의 Low pass filtering을 한 것과 유사한 결과를 보이는 것이다. 따라서, 1차 B-spline 보간기법을 적용하는 경우 고주파 성분의 정보를 손실된다. 3차 B-spline 보간기법의 경우 고주파 성분에 좀 더 우수한 성능을 보임이 보고되었다. 본 논문에서는 37개의 영상에 대해서 3차 B-spline 보간기법을 적용하였다.

IV. 실험 및 결과

본 논문에서는 37개의 영상에 대해서 3차 B-spline 보간기법을 적용하여 실험하였다. 각 영상은 영상처리

에서 일반적으로 사용되는 영상을 선택하였다. Color Filter Array는 단일칩 디지털 카메라에서 일반적으로 사용되는 Bayer CFA를 선택하였다.

그림 5는 원영상을 나타내는 것이고 그림 6과 그림 8은 각기 1차 B-spline 보간기법과 3차 B-spline 보간기법을 적용한 보간영상이고 그림 7과 그림 9는 각기 원영상과 1차와 3차 B-spline 보간기법을 적용한 영상과의 청색 원소에서에서 강조한 차영상을 나타낸다. 그림 7과 9에서 볼 수 있듯이, 3차 B-spline 보간기법이 1차 B-spline 보간 기법보다 우수한 성능을 보여 주었다.



그림 5. 원영상



그림 6. 1차 bilinear 보간영상

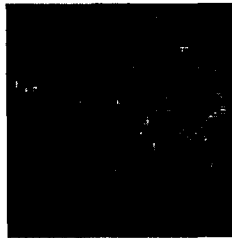


그림 7. 차영상



그림 8. 3차 cubic 보간영상

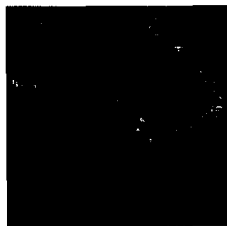


그림 9. 차영상

기존 1차 보간기법과 3차 보간기법을 적용하여 얻은 영상의 PSNR을 표 1에 나타내었다. 표 1에 나타난 PSNR은 37장의 보간된 영상 각각의 PSNR의 평균을

나타낸다. 표 1에서 볼 수 있듯이 기존 1차 B-spline 보간 기법보다 3차 B-spline 보간 기법이 우수한 성능을 나타냄을 볼 수 있다.

표 1. 1차 3차 B-spline 보간기법의 성능비교(in dB).

	0	1	3
R	27.572	31.817	32.279
G	30.929	34.046	34.843
B	26.57	30.641	30.97
average	28.357	32.168	32.697

V. 결론

일반적으로 1차 B-spline 보간 기법은 영상의 고주파 성분에 대해서 정보의 손실을 가져온다. 그러나 제안된 3차 B-spline 보간기법은 영상의 고주파 성분에 대해서도 향상된 성능을 보여줌을 관찰하였다. 이를 최근에 제안된 성능면에서 거의 차이가 없고 수행시간이 감소되는 oblique projection 기법을 사용한다면 좀 더 향상된 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다 [3].

참고문헌

- [1] T. Kuno, H. Sugiura, N. Matoba, "Digital still cameras," IEEE Trans. Consumer Electronics, vol. 45, no. 1, pp. 259-267, 1999.
- [2] M. Unser, A. Aldroubi, and M. Eden, "B-spline signal preprocessing: Part I-Theory," IEEE Trans. Signal Processing, vol. 41, pp. 821-833, 1993.
- [3] C. Lee, M. Eden and M. Unser, "High quality image resizing using oblique projection operators," IEEE Trans. on Image Processing, vol. 7, no. 5, pp. 679-692, 1998.