

# 컬러 필터 배열 구조를 고려한 화면 내 예측 개선 기법

이재훈\* · 이철희\*

\*연세대학교

Enhanced Intra prediction for the Characteristics of Color Filter Array

Jae-hoon Lee\* · Chul-hee Lee\*\*

\*Yonsei University

E-mail : jhl035512@yonsei.ac.kr

## 요 약

일반적으로 컬러 필터 배열(Color Filter Array: CFA)로부터 획득된 영상은 디모자이킹(demosaicking) 과정을 통해 소실된 컬러 정보를 복원한 후 압축을 수행하므로 데이터의 중복성(redundancy)이 발생한다. 따라서 부호화기에서 보간 과정 없이 압축을 수행하고 복호화기에서 복원된 영상을 보간하는 연구가 진행되어 왔다. 기존 방법이 전처리 과정에서 영상을 GBR 또는 YUV 4:2:2 형식으로 변환하는 반면, 본 논문에서는 YCoCg 4:2:2 형식의 변환 방법을 거쳐 압축을 수행한다. 또한 영상의 G성분의 샘플링 위치를 고려하여 휘도 성분의 H.264 화면 내 예측기의 방향성 및 참조 픽셀을 변경하여 적용하였다. 제안 방법은 기존 H.264 YUV4:2:0 인트라 예측 방법과 비교하여 평균적으로 3.91%의 비트율 감소와 0.04dB의 PSNR 증가를 보여준다.

## ABSTRACT

In general, images captured by the color filter array are compressed after applying demosaicking process. Since this process introduces data redundancy which can reduce coding efficiency, several methods have been proposed to address this problem. While some conventional approaches convert color format to GBR or YUV 4:2:2 format, we propose to use the YCoCg 4:2:2 format to carry out compression. The proposed method shows an average bits reduction of 3.91% and PSNR increase of 0.04dB compared with H.264 YUV 4:2:0 intra-profile prediction method.

## 키워드

Color filter array, Demosaicking, Compression, YCoCg 4:2:2, H.264 intra prediction

## 1. 서 론

대부분의 디지털 영상 취득 장치는 기기 구성 시 비용적인 측면이나 크기를 고려하여 Bayer 패턴 형태의 컬러 필터 배열(Color Filter Array, CFA)을 가진 단일 영상 센서를 사용하여 컬러 영상을 확보한다[1].



그림 1. Bayer 패턴 컬러 필터 배열

영상의 각 화소에서는 한가지 컬러 정보만을 취하기 때문에, 보간 또는 디모자이킹(Demosaicking)을 통해 소실된 컬러 정보를 복원한다. 영상을 전송 또는 저장에 앞서 기존의 방법은 보간된 영상을 압축하므로 데이터의 중복성(redundancy)으로 인한 압축 효율의 저하 또는 복잡도의 증가와 같은 문제점이 제기되었다. 따라서 컬러 필터 배열로부터 획득된 영상을 보간 없이 압축하고 복호화 이후 이를 수행하여 영상을 복원하는 알고리즘들이 제안되었다[2-4].

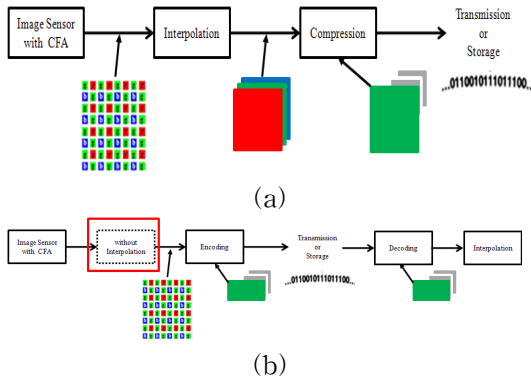


그림 2. 영상 전송 및 저장 시스템  
(a) 기존 방식 (b) 제안 방식

제안된 방법들 중 주로 정지 영상 압축에 사용된 방법들은 그림 2와 같이 G 성분의 위치를 Y로 변환하고 B, R 위치를 각각 Cb, Cr로 변환하는 전처리 과정을 수행한다. 각 성분들은 구조 변환을 통해 YUV4:2:2 형식으로 재구성되는데 Y 성분들을 45도 회전을 통해 마름모 형태로 변환하거나[2], 홀수 열과 짝수열에 배치된 성분들을 하나의 열과 병합하는 방법이 존재한다[3].

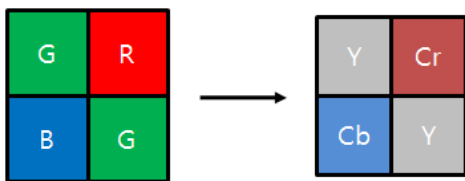


그림 3. Bayer 블록의 YCbCr 변환 구조

YUV4:2:2 형식의 변환은 컬러 모델이 전환됨에 따라 양자화 오류 또는 움직임 보상 시 변환에 따른 효율성의 저하와 같은 문제점을 포함한다[4]. 따라서 동영상에서는 그림 4와 같이 획득 영상의 구조만을 변환시켜 GBR4:2:2 형태로 재구성하는 전처리 과정을 사용한다. 이러한 구조 변환을 사용하는 방법 가운데 Dautre와 Nasiopoulos

는 G 성분의 실제 컬러 필터 배열에서의 위치를 고려하여 H.264 화면 내 예측 시 참조 픽셀 및 예측 방향을 변화시켜 적용한 알고리즘을 제안하였다.

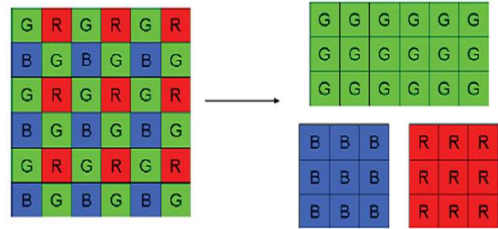


그림 4. RGB 성분의 구조 변환 과정[4]

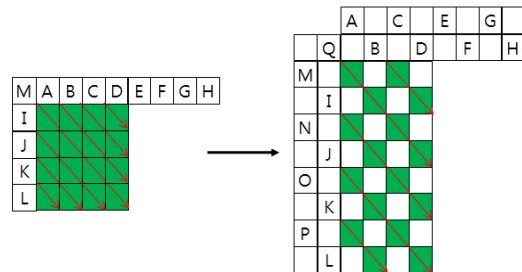


그림 5. 컬러 필터 배열 구조를 고려한 화면 내 예측 방법

이 방법은 예측 시 사용되는 참조픽셀이 객체의 경계 영역에 위치할 경우 예측 오차가 증가할 수 있고 B, R 성분에 색차 성분 예측 방법이 적용되므로 영상의 고주파 성분에 대해서는 예측 효율이 저하된다는 단점이 있다.

본 논문에서는 전처리 과정에서 사용된 컬러 모델의 단점을 해결하기 위해 기존 방법과 달리 YCoCg 컬러 모델을 사용한 전처리 기법을 도입하였고 앞서 소개된 H.264 화면 내 예측 기법의 문제점을 보완하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 YCoCg 컬러 모델을 사용한 전처리 과정을 제시하고 3절에서는 이를 적용하여 기존 방법과의 성능을 비교하며 4절에서 결론을 맺는다.

## II. 제안방식

1. YCoCg 컬러 모델을 이용한 전처리 과정  
전처리 과정에서 YUV4:2:2 변환을 사용하는 방법의 경우 부동 소수점 연산 등으로 인한 오차가

발생하고 RGB 컬러 모델을 사용할 경우 B, R 성분을 색차 신호로 취급하여 화면 내 예측이 이루어질 경우 고주파 성분에 의해 예측 오차가 커져 효율이 저하된다는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 [5]에서 제시된 YCoCg 4:2:2 변환을 전처리 과정에서 사용하였다. YCbCr과 달리 변환이 덧셈 및 비트 연산만으로 이루어지므로 손실이 적고 영상의 Co, Cg 성분이 균일(homogeneous)한 성질을 가지므로 B, R에 비해 고주파 성분이 적어 예측 오차를 줄일 수 있다. 변환은 다음의 행렬식에 의해 이루어진다.

$$\begin{bmatrix} Y_U \\ Y_L \\ Co \\ Cg \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1/4 & 1/2 & 0 & 1/4 \\ 1/4 & 0 & 1/2 & 1/4 \\ 1/2 & 0 & 0 & -1/2 \\ -1/4 & 1/4 & 1/4 & -1/4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G_U \\ G_L \\ B \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} \quad (1)$$

2. H.264 화면 내 예측 개선 방법

2.1 참조 픽셀 예측 방법

[4]에서는 H.264 화면 내 예측 시 G 성분의 컬러 필터 배열 내 위치를 고려하여 예측이 이루어지는 블록의 구조 및 참조 픽셀, 예측 방향을 변경하여 적용하는 알고리즘을 제시하였다. 이 방법의 경우 기존 H.264 화면 내 예측 방법을 그대로 적용했을 때 예측 방향이 어긋나는 문제점을 해결할 수 있다. 그러나 그림 6과 같이 객체의 경계 영역에서 컬러 필터에 의한 샘플링이 이루어지고 참조 픽셀로써 사용될 경우, A, C, E, G가 실제 예측될 블록의 화소값과 상당한 차이를 갖게 되어 예측 오차가 커질 가능성이 있다.

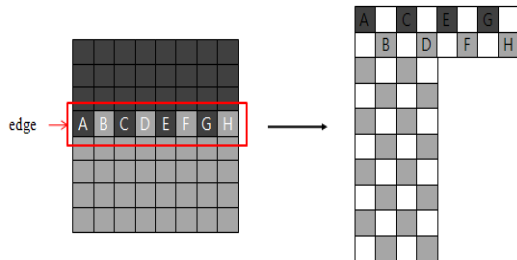


그림 6. 기존 예측 방법의 문제점

따라서 본 논문에서는 이러한 문제를 예측을 사용하여 해결하였다.

2.3 Co, Cg 성분의 부호화 방법

기존의 색차 성분의 화면 내 예측을 이용한 부호화는 H.264 high 4:2:2 모드에서 8x16 매크로 블록에 휘도 성분의 16x16 블록 부호화 방식에서 사용되는 4가지 모드가 적용된다. 컬러 필터 배열로부터 변환된 색차 신호의 경우 디모자이킹을 거쳐 생성된 색차 신호와 달리 고주파 성분이 강

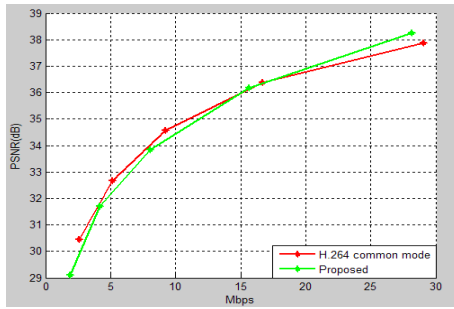
하게 나타나는 특성이 있어 이를 동일하게 적용할 경우 예측 오차가 커져 비트율이 증가하는 문제가 있다. 따라서 본 논문에서는 Co, Cg 성분에 대해 휘도 신호의 부호화 방식을 적용하였다. 이 경우 비트스트림의 헤더 크기 증가에 의한 오버헤드가 존재하나 예측 오차를 감소시킬 수 있어 압축 효율 향상을 기대할 수 있다.

III. 실험 결과 및 분석

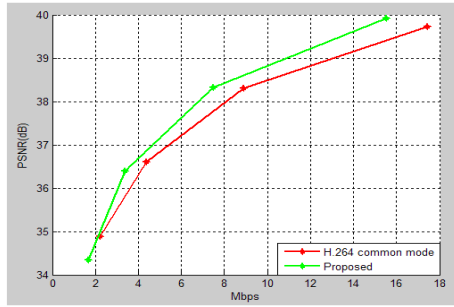
본 논문에서 제안하는 알고리즘의 검증을 위한 시뮬레이션은 JM11.0 프로그램에 제안된 알고리즘을 구현하여 기존 H.264 화면 내 예측 방법과 성능을 비교하였다. 기존 방법의 경우 YUV4:2:0을 지원하는 high 프로파일을 사용하였고, CABAC, RDO(=1) 등의 조건을 적용하였다. 실험에 사용된 영상은 Full HD 해상도의 표준 RGB 실험 영상인 Plane(PL), Waves(WV), Man in resaurant(MIR), Table Setting(TS)을 각각 8bit scale로 변환하여 사용하였다. 성능 비교를 위해 표 1에서는 복원된 RGB 영상에 BDRATE, BDPSNR을 사용하였으며[6], 그림 7에서 각 영상에 대한 윌 왜곡 곡선(Rate-Distorion Curve)을 통해 알고리즘의 성능을 도시하였다. 부호화 시 QP(Quantization Parameter)는 각각 22, 27, 32, 37이 적용되었다. 표 1에서 보는 바와 같이, 영상에 따라 차이가 있으나 제안 방식의 경우 평균적으로 3.91%의 비트율 절감 및 0.04dB의 PSNR 증가 수치를 보여준다.

표 1. 제안된 방법의 성능 비교

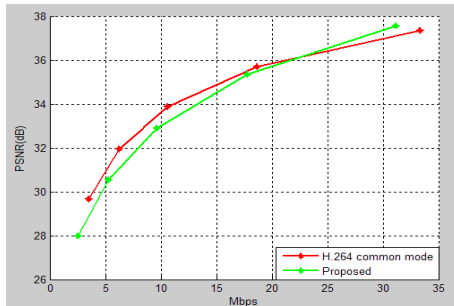
sequences	H.264 YUV4:2:0 common mode vs Proposed Method	
	BDRATE(%)	BDPSNR(dB)
PL	3.27	-0.098
WV	-16.02	0.421
MIR	9.30	-0.345
TS	-12.20	0.183
Average	-3.91	0.04



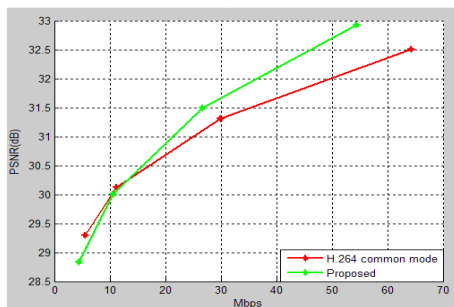
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 7 각 영상의 율 왜곡 곡선  
(a)Plane (b)Wave  
(c)Man in restaurant (d)Table Setting

영상의 화면 내 부호화 압축 효율 개선을 위해 컬러 모델 변환 및 각 예측 모드에 사용되는 참조 픽셀 및 예측 방향을 변경하여 적용하였다. 복원된 RGB 영상에 대해 제안 알고리즘은 기존 방법에 비해 평균적으로는 PSNR 및 비트율 측면에서 향상된 결과를 보여준다. 그러나 성능이 개선된 영상에 비해 그렇지 못한 영상 수가 많고, 이 경우 저 비트율로 압축이 이루어진 경우 R, B 채널에서 지퍼 효과(zipper effect)가 발생하여 PSNR이 저하됨을 확인할 수 있었다. 따라서 저 비트율에서 압축된 영상 복원 시 이를 해결하기 위한 연구가 추가적으로 필요하다. 또한 본 논문에서는 휘도 성분에 한하여 예측 방향 및 참조 픽셀의 변경이 이루어 졌으므로 색차 신호에 대해서도 컬러 필터 배열의 구조를 고려하여 예측 방법이 개선될 필요가 있다.

### 참고문헌

[1] B. E. Bayer, "Color imaging array," U.S. Patent 3,971,065, Jul. 1976.  
 [2] S. Y. Lee and A. Ortega, "A novel approach of image compression in digital cameras with a Bayer color filter array," in Proc. IEEE Int. Conf. Image Process., Oct. 2001, vol. 3, pp. 482- 485.  
 [3] C. C. Koh, J. Mukherjee, and S. K. Mitra, "New efficient methods of image compression in digital cameras with color filter array," IEEE Trans. Consum. Electron., vol. 49, no. 4, pp. 1448- 56, Apr. 2003.  
 [4] C. Doutre and P. Nasiopoulos, "Modified H.264 Intra Prediction for Compression of Video and Images Captured with a Color Filter Array", IEEE International Conference on Image Processing (ICIP 2009), Cario, Egypt, pp. 3401-3404, Nov. 2009.  
 [5] Colin Doutre, Brandon Lin, Valentin Tzvetkov, "Compression of Colour Filter Array Video Sequences", The University of British Columbia, 1-18, 2005  
 [6] Gisle Bjontegaard, "Calculation of Average PSNR Differences between RD curves", ITU-T SC16/Q6, 13th VCEG Meeting, Austin, Texas, USA, April 2001, Doc. VCEG-M33.

### IV. 결 론

본 논문에서는 컬러 필터 배열로부터 획득된