

레터논문 (Letter Paper)

방송공학회논문지 제18권 제4호, 2013년 7월 (JBE Vol. 18, No. 4, July 2013)

<http://dx.doi.org/10.5909/JBE.2013.18.4.647>

ISSN 2287-9137 (Online) ISSN 1226-7953 (Print)

HEVC RExt RGB 영상의 색평면 간 예측 향상을 위한 적응적 필터링 기법

최 장 원^{a)}, 최 윤 식^{a)†}

An Adaptive Filtering Method for Enhancement of Inter-color Plane Estimation in HEVC RExt RGB Images

Jangwon Choi^{a)}, and Yoonsik Choe^{a)†}

요 약

HEVC RExt(High Efficiency Video Coding Range Extension)는 RGB/YUV 4:2:2 4:4:4 색 샘플링 영상과 10비트 심도 이상의 영상 지원을 목표로 한다. RGB 영상은 YUV 4:2:0 색 샘플링 영상과는 달리 색평면 간 높은 상관도를 갖고 있으며, 이를 이용하여 화소 값을 예측하는 기법들이 JCT-VC 표준화 회의에서 기고되었다. 하지만 일반적으로 RGB 영상의 고주파수 성분은 색평면 간 낮은 상관도를 갖고 있으며, 이는 색평면 간 예측 시 부호화 효율 저하의 원인이 된다. 따라서 본 논문에서는 색평면 간 예측 시 고주파수 성분을 저역통과필터를 통해 적응적으로 제거하는 기법을 제안한다. HEVC RExt의 RGB 영상을 통한 실험 결과, 본 논문에서 제안하는 기법은 기존 색평면 간 예측 기법에 비해 큰 복잡도의 증가 없이 평균 0.6%의 BD(Bjontegaard Distortion)-율 이득을 얻을 수 있었다.

Abstract

HEVC RExt(High Efficiency Video Coding Range Extension) set a goal to support RGB/YUV 4:2:2 4:4:4 color sampling and over 10 bit-depth images. Unlike the previous 4:2:0 color sampling images, RGB images have the high correlation in inter-color planes. Using this characteristic, some methods which are contributed in JCT-VC standardization meetings estimate the pixel values of inter-color plane. But when we use the estimation of inter-color plane in RGB images, high frequency components of RGB images are caused to reduce the coding efficiency because they usually have the low inter-color plane correlation. Therefore, in this paper, we propose an adaptive low pass filtering method in the inter-color plane estimation. Using this method, we can improve the estimation efficiency of inter-color plane in RGB images. The experimental results with HEVC RExt RGB test sequences show that the proposed method has 0.6% BD(Bjontegaard Distortion)-rate gain and some increased complexity compared to the previous inter-color plane estimation method.

Keyword : HEVC RExt, RGB, extended chroma mode, inter-color correlation, adaptive filtering

a) 연세대학교 전기전자공학부(Dept. Electrical & Electronics Engineering, Yonsei University)

† Corresponding Author : 최윤식(Yoonsik Choe)

E-mail: yschoe@yonsei.ac.kr

Tel: +82-2-2123-2774

※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 “대학 IT 연구센터 육성지원사업”의 연구결과로 수행되었음. (NIPA-2013-H0301-13-1008)

· Manuscript received June 25, 2013 Revised July 23, 2013 Accepted July 23, 2013

I. 서론

최근 HEVC RExt가 HEVC^[1]의 뒤를 이어 JCT-VC (joint collaborative team on video coding) 회의에서 표준화 진행 중에 있다. YUV 4:2:0 색 샘플링 및 10비트 심도 이하의 영상을 목표로 하는 HEVC와는 달리, HEVC RExt에서는 RGB/YUV 4:2:2 4:4:4 색 샘플링 및 10비트 심도 이상의 영상 지원을 목표로 한다^[2]. 기존 4:2:0 색 샘플링 영상과는 달리 4:2:2, 4:4:4 색 샘플링 영상은 색평면 간 높은 상관도 (correlation)를 갖고 있으며, 이러한 높은 상관도를 이용하여 부호화 효율을 높이기 위한 기술들이 최근 JCT-VC 회의에서 논의되고 있다. 이중 ECM (extended chroma mode) 방법은 채도(chroma) 영역의 화면 내 예측(intra prediction) 시 부호화가 완료된 휘도(luma) 영역의 화소 정보를 이용하여 색평면 간 예측을 수행하는 기술로^[3], 색평면 간 상관도가 높은 RGB 영상에서 높은 부호화 이득율(coding gain)을 보여준다. 하지만 일반적으로 RGB 영상의 고주파수 성분은 저주파수 성분에 비해 색평면 간 상관도가 낮기 때문에^[4], 이로 인해 ECM을 이용한 색평면 간 예측 시 휘도 영역의 고주파수 성분이 채도 영역의 화소 예측에 방해가 된다.

이에, 본 논문에서는 ECM을 이용한 RGB 영상의 색평면 간 예측 시 예측 정확도를 높이기 위하여 화면 내 색평면 간 상관도가 낮은 휘도 영역의 고주파수 성분을 필터링을 통해 적응적으로 제거하는 방법을 제안한다.

II. ECM (extended chroma mode)

ECM은 채도 영역의 화면 내 예측 시, 부호화가 완료된 휘도 영역의 화소값을 이용하여 채도 영역의 화소 값을 예측하는 기법으로^[3], 이 기법을 통해 색평면 간 상관도가 높은 RGB 영상에서 월등한 부호화 이득율을 얻을 수 있다. ECM은 채도의 화면 내 예측 모드에 추가되며, 기존의 화면 내 예측 방법과의 경쟁을 통해 선택되어진다.

RGB 영상은 GBR 순으로 부호화가 진행되기 때문에, B 또는 R 색평면은 채도의 화면 내 예측모드로 부호화 된다. 식 (1)은 RGB 영상에서의 ECM 방법을 보여준다.

$$C_{pred}[x, y] = \alpha G_{recon}[x, y] + \beta \quad (1)$$

여기서 C_{pred} 는 예측하고자 하는 B 또는 R 블록의 화소 값, G_{recon} 은 부호화가 완료된 G 블록의 복호화된 화소 값, $[x, y]$ 는 화소의 위치를 의미한다. α 와 β 는 가중치 값으로, 부호화 하고자 하는 B 또는 R 블록 주변의 화소값과 동 위치의 G 화소 값들을 이용하여 유추할 수 있다.

III. 제안하는 기법

일반적으로 RGB 영상은 고 주파수 영역에서 색평면 간 낮은 상관도를 갖는다^[4]. 이를 확인하기 위해, 본 논문에서는 주파수 분석 방법^[5]을 이용하여 현재 HEVC RExt에서 사용하고 있는 RGB 실험 영상들의 주파수 영역 별 색평면 간 상관도를 계산하였다. 표 1은 몇몇 RGB 영상들의 첫 번째 장면(frame)을 이용하여 G/B G/R 색평면 간 4개의 주파수 밴드(frequency band)의 상관도를 보여준다. 여기서 LL 주파수 밴드는 영상의 저주파수 성분을 의미하며, LH 및 HL 주파수 밴드는 영상의 수평 및 수직 에지(Edge) 성분을 의미하며, HH 주파수 밴드는 영상의 대각선 에지 성분을 의미한다. 표 1을 보면 RGB 영상들이 LL 주파수 밴드에서는 평균 0.90의 높은 상관도를, HH 주파수 밴드에서는 평균 0.38의 낮은 상관도를 갖고 있음을 확인할 수 있다. 이 실험 결과를 기반으로, 본 논문에서는 RGB 영상의 색평면 간 예측 효율을 높이기 위해 상관도가 낮은 고주파수 성분을 복호화된 G 색평면에서 제거하는 방법을 제안한다. 즉 B 또는 R 색평면에서 ECM을 이용한 화면내 예측 부호화 시, 다음 식(2)와 같이 저역통과필터를 통해 복호화된 G 색평면의 고주파수 성분을 제거한다.

$$\begin{aligned} C_{pred}[x, y] &= \alpha G_{recon}^{lpf}[x, y] + \beta \\ G_{recon}^{lpf}[x, y] &= 0.5 G_{recon}[x, y] + 0.125 G_{recon}[x+1, y] + \\ &\quad 0.125 G_{recon}[x-1, y] + 0.125 G_{recon}[x, y+1] \\ &\quad + 0.125 G_{recon}[x, y-1] \end{aligned} \quad (2)$$

여기서 α 와 β 는 기존 ECM에서와 같은 방법을 통해 얻을 수 있으며, G_{recon}^{lpf} 값은 주변 4개의 화소 값을 이용하여 저역통과필터를 적용한 결과이다.

하지만 RGB 영상은 화면 내 영역 간에도 색평면 간 서로

표 1. HEVC RExt RGB 실험 영상의 주파수 밴드별 색평면 간 상관도
 Table 1. Inter-plane correlation in four subband of RGB test sequence of HEVC RExt

Test sequence	G/B				G/R			
	LL	LH	HL	HH	LL	LH	HL	HH
Traffic	0.926	0.634	0.614	0.549	0.963	0.837	0.810	0.777
Kimono1	0.948	-0.105	0.136	-0.008	0.977	-0.011	0.303	0.045
EBULupoCandlelight	0.820	0.859	0.869	0.899	0.904	0.944	0.929	0.940
EBURainFruits	0.909	0.972	0.970	0.955	0.892	0.971	0.969	0.956
VenueVu	0.720	0.885	0.853	0.553	0.597	0.840	0.604	0.229
DucksAndLegs	0.906	0.227	-0.090	-0.154	0.963	0.238	0.125	-0.186
OldTownCross	0.981	0.456	0.265	0.025	0.984	0.617	0.466	0.243
ParkScene	0.919	0.247	0.443	0.117	0.972	0.406	0.462	0.126
Overall	0.891	0.522	0.508	0.367	0.907	0.605	0.584	0.391

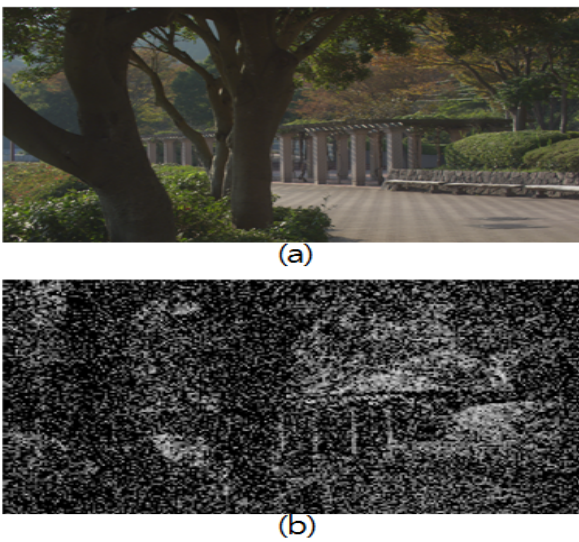


그림 1. ParkScene RGB 영상에서 색평면 간 고주파수 성분의 화면 내 상관도 (a) 원 영상 (b) G/B 색평면 간 상관도
 Fig. 1. Intra correlation of inter color plane high frequency component in ParkScene RGB sequence (a) original color image (b) G/B inter color plane

다른 상관도를 보인다. 그림 1은 ‘ParkScene’ RGB 실험영상의 첫 장면에서 화면 내 고주파수 성분의 색평면 간 상관도 분포를 나타낸다. 그림 1(b)는 G/B 색평면 간 고주파수 성분의 상관도를 8x8 블록 단위로 계산한 결과를 보여주며, 그림에서 블록 영역의 밝기가 밝아수록 높은 상관도를, 어두울수록 낮은 상관도를 의미한다. 이를 보면 RGB 영상의 화면 내에서도 색평면 간 상관도가 높은 영역과 낮은 영역이 동시에 존재하며, 따라서 제안하는 필터링 기법의 성능 극대화를 위해서는 고주파수 성분의 색평면 간 상관도가

낮은 영역에만 필터링을 적용하는 기법이 요구된다. 이에 본 논문에서는 ECM 시 복호화된 G 색평면에 LPF를 적용하는 모드를 채도의 화면 내 예측에 추가하였다. 즉, 기존의 화면 내 예측 모드 및 ECM, 그리고 제안하는 기법 사이의 모드 경쟁을 통해 최적의 화면 내 예측 모드가 선택될 수 있도록 하였으며, 이를 통해 화면 내 고주파수 성분의 색평면 간 상관도 변화에 적응적인 필터링이 가능하게 되었다.

IV. 실험 및 결과

본 논문에서 제안하는 기법의 성능 검증을 위해, 기존 ECM과의 부호화 및 복호화 성능 결과를 비교하였다. 이를 위해 HEVC RExt에서 사용하고 있는 8개의 RGB 실험 영상 및 공동 실험 환경에 따라 부호화 및 복호화 실험을 진행하였다^[6]. HM10.0_RExt2.0 소프트웨어를 기반으로 화면 내 예측에서 사용하는 ECM 특성 상 AI(all intra) 실험 조건을 이용하였으며, QP는 12,17,22,27을 사용하였다.

앞서 말한바와 같이 채도의 화면 내 예측 모드에 제안하는 필터링 기법을 추가하였으며, 이를 위한 2진화는 표 2와 같이 구현하였다. 기존에는 ECM 모드 시 prefix ‘10’ 비트만을 모드 부호화 시 사용하였지만, 본 논문에서 제안하는 알고리즘 추가를 위해, ECM 모드 및 제안하는 모드에 prefix ‘10’비트 및 추가로 suffix 1비트를 사용하였다.

표 3은 ECM을 레퍼런스로 하였을 때의 제안하는 기법의 성능 결과를 보여준다. 결과를 살펴보면, 제안하는 기법은 ECM에 비해 G, B, R 색평면에서 평균 0.4%, 0.6%, 0.8%

표 2. 제안하는 기법을 위한 chroma_pred_from_luma_enable_flag에 따른 intra_chroma_pred_mode의 명시법

Table 2. Specification of intra_chroma_pred_mode on chroma_pred_from_luma_enable_flag for the proposed method

intra_chroma_pred_mode	chroma_pred_from_luma_enabled_flag = 1		chroma_pred_from_luma_enabled_flag = 0	
	prefix	suffix	prefix	suffix
6 (DM_CHROMA)	0	n/a	n/a	n/a
5 (proposed method)	10	1	0	n/a
4 (ECM)	10	0	0	n/a
0 (PLANAR)	11	00	1	00
1 (VERTICAL)	11	01	1	01
2 (HORIZONTAL)	11	10	1	10
3 (DC)	11	11	1	11

표 3. 제안하는 기법의 BD-율 이득 및 부호화/복호화 복잡도

Table 3. The BD-rate gain and complexity of encoding/decoding of proposed method

Test sequence	BD-rate gain (%)			Complexity (%)	
	G	B	R	encoding	decoding
Traffic	0.0	-0.2	-0.6	108	101
Kimono1	-0.6	-0.9	-0.9	108	101
EBULupoCandlelight	-0.5	-0.7	-0.9	107	101
EBURainFruits	0.6	0.0	-0.5	107	101
VenueVu	-0.8	-1.3	-1.2	107	101
DucksAndLegs	-0.5	-0.3	-0.1	108	101
OldTownCross	-0.6	-0.8	-0.8	108	100
ParkScene	-0.7	-0.9	-0.9	108	100
Overall	-0.4	-0.6	-0.8	108	101

의 BD-율 이득을 보였다. 이를 통해 제안하는 필터링 기법이 색평면 간 예측 효율 증가에 효과적임을 확인하였다. 하지만 EBURainFruits 실험 영상의 경우에는 G 색평면에서 0.6%의 BD-율 손실을 보였다. 이는 표 1에 보여지는 바와 같이 EBURainFruits 영상의 경우 모든 주파수 영역에서 색평면 간 상관도가 높은 특성을 갖고 있기 때문에 제안하는 기법이 효과가 없음을 알 수 있으며, 오히려 모드 추가로 인한 모드 부호화 비트 증가로 인해 BD-율 손실을 보였음을 확인할 수 있다.

표 3을 보면 제안하는 기법의 부호화 복잡도는 ECM과 비교시 평균 8%, 복호화는 평균 1% 증가한 것을 볼 수 있다. 특히 복잡도 증가에 가장 민감한 복호화 복잡도가 1% 증가에 그쳤기 때문에 본 논문에서 제안하는 기법이 부호

화 및 복호화 복잡도에 큰 부담을 주지 않는 동시에 BD-율 이득을 얻을 수 있음을 확인할 수 있었다.

IV. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 HEVC RExt에서 RGB 영상의 색평면 간 예측 시, 색평면 간 상관도가 낮은 고주파수 성분을 제거함으로써 부호화 성능을 높이는 기법을 제안하였다. 또한 채도의 화면 내 예측 모드에 본 논문에서 제안하는 필터링 기법을 추가함으로써 화면 내 고주파수 성분의 상관도 변화에 대응하는 적응적인 필터링이 가능하게 하였다. HEVC RExt의 RGB 실험영상을 통해 본 논문에서 제안하는 기법의 성능을 검증하였으며, ECM과의 비교시 평균 0.6%의 BD-율 이득을 얻을 수 있었다. 또한 부호화 복잡도는 평균 8%, 복호화 복잡도는 평균 1% 증가에 그쳤기 때문에, 본 논문에서 제안하는 기법이 HEVC RExt RGB 영상 압축에 효율적임을 확인하였다. 또한 향후에는 블록의 주변 정보를 이용하여 현재 블록의 필터링 유무를 판단함으로써, 모드 추가로 인한 모드 부호화 비트를 줄일 수 있는 방법에 대한 연구를 진행 할 계획이다.

참 고 문 헌

- [1] G. Sullivan, J. Ohm, W. Han, and T. Wiegand, "Overview of the High Efficiency Video Coding (HEVC) Standard", IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 22, No. 12, Dec. 2012.
- [2] D. Flynn, J. Sole, and T. Suzuki, "High Efficiency Video Coding (HEVC) Range Extensions text specification : Draft 2 (for PDAM)", JCTVC-L1003, 12th JCT-VC Meeting, Geneva, Switzerland, Jan. 2013.
- [3] J. Kim, "RCE1: The performance of extended chroma mode for non 4:2:0 format, JCTVC-M0097, 13th JCT-VC Meeting, Incheon, Korea, Apr. 2013
- [4] Y. kim, B. Choi, and J. Paik, "High-Fidelity RGB Video Coding Using Adaptive Inter-Plane Weighted Prediction", IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 19, No. 7, Jul. 2009.
- [5] B. Gunturk, Y. Altunbasak, and R. Mersereau, "Color plane interpolation using alternating projections", IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 11, No. 9, pp. 997-1013, September 2002.
- [6] D. Flynn, and C. Rosewarne, "Common test conditions and software reference configurations for HEVC range extensions", JCTVC-L1006, 12th JCT-VC Meeting, Geneva, Switzerland, Jan. 2013.