

RGB 비디오 압축 부호화의 효율 개선을 위한 적응적 기저 색평면 필터링 기법

최장원, 정진우, 김양수, 최윤식

연세대학교 전기전자공학과

{garfield, 691, yskim72, yschoe}@yonsei.ac.kr

Base plane adaptive filtering for inter plane prediction in RGB video coding

Jangwon Choi, Jinwoo Jeong, YangSoo Kim and Yoonsik Choe

Department of Electrical and Electronics Engineering, Yonsei University

요약

일반적으로, RGB 영상의 높은 주파수 영역은 잡음으로 인해 색평면 간 서로 낮은 상관도를 가지고 있기 때문에 이러한 고주파수 성분은 색평면 간 예측의 효율을 저하시키는 원인이 된다. 본 논문에서는 RGB 비디오 코딩에서 색평면 간 예측의 효율을 높이기 위해 기저 색평면을 적응적으로 필터링 하는 방법을 제안한다. 색평면 간 상관도에 따라 적응적으로 기저 색평면을 필터링함으로써 색평면 간 예측 성능을 높일 수 있었다. 본 논문에서 제안하는 알고리즘을 통해 우리는 H.264/AVC High 4:4:4 Intra Profile에 비해 평균 14.71%의 비트율 감소와 0.93dB의 PSNR 향상 결과를 얻을 수 있었다.

1. 서론

H.264/AVC 비디오 표준화는 High 4:4:4 Profile을 통해 초고화질 RGB 4:4:4 영상의 압축을 지원하고 있다[1]. 일반적으로 RGB 비디오 부호화는 YUV 비디오 코딩에 비해 크게 선호되지 않는데, 그 이유 중 하나는 RGB 영상이 색평면 간 높은 상관도를 갖기 때문이다. 하지만 RGB 비디오 부호화는 YUV 비디오 부호화와 달리 색공간 변환시에 생기는 반올림 오차가 없으며, 필름을 스캔한 JVT 테스트 영상과 같이 잡음이 많은 영상에 강한 장점을 갖고 있기 때문에 최근에는 디지털 영화와 같은 고화질 영상의 압축에 사용되고 있다[2]. 이에 따라 RGB 영상의 압축 효율을 높이기 위한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 그 중 하나인 색평면 간 상관도를 이용하여 압축 효율을 높이는 방법들도 앞서 소개되었다[2-4]. RGB 영상은 색평면 간 큰 상관도를 갖고 있기 때문에, 이러한 색평면 간 상관도를 이용하여 RGB 영상 압축의 성능을 향상시킬 수 있었다.

일반적으로 8비트 RGB 영상은 색평면 간 모든 주파수 영역에서 높은 상관도를 가지고 있다[5]. 하지만 10비트, 12비트, 14비트 등 높은 비트 심도를 갖는 영상에서는 색평면 간 상관도가 주파수 영역에 따라 다르게 나타난다. 표 1은 JVT HD 실험 영상 8개의 색평면 간 LL, LH, HL, HH 주파수 서브밴드 상관도를 보여준다[4]. 표 1에서 보는 바와 같이 대부분의 영상은 LL 주파수 밴드에서 높은 상관도를 갖으며, HH 주파수 밴드에서 낮은 상관도를 갖는다. RGB 영상의 색평면 간 예측은 색평면 간의 높은 상관도를 이용하기 때문에 HH 주파수 밴드처럼 상관도가 낮은 고주파수 영역은 색평면 간 예측을 방해하는 원인이 된다.

이에 Kim은 색평면 간 예측 시 기저 색평면에 저주파 통과 필터(LPF)를 적용하여 고주파수 성분에 의한 예측 오류를 줄이고자 하였다[6]. 하지만 RT와 같이 모든 주파수 영역에서 색평면 간 상관도가

높은 영상도 있으며 영상의 프레임 내 부분 상관도가 많은 차이를 보일 수도 있기 때문에, 이러한 방법은 특정 영상에서 오히려 예측의 정확도가 떨어지게 된다.

따라서 본 논문에서는 Kim의 알고리즘을 개선한 적응적 기저 색평면 필터링 기법을 제안한다. 우리의 알고리즘은 색평면 간 예측 시, 기저 색평면의 필터링 유·무에 따른 예측 결과를 비교하여 필터링 적용 여부를 결정한다. 또한 프레임 내의 부분 상관도를 고려하기 위해 매크로 블록 단위로 기저 색평면의 필터링 유·무를 적응적으로 결정하게 된다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 색평면 간 적응적인 가중 화소 예측 알고리즘에 대해 간단히 설명하며, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 색평면 간 예측시의 적응적 기저 색평면 필터링 방법을 소개한다. 4장에서는 제안한 알고리즘의 객관적인 성능 결과를 보여주며, 5장에서 결론을 맺는다.

2. 색평면 간 적응적인 가중 화소 예측

RGB 영상의 색평면 간 예측은 색평면 간의 높은 상관도를 이용하여 비디오를 코딩하는 기술이며, RGB 영상의 압축 성능을 크게 향상시킬 수 있다[2-4]. 색평면 간 예측을 사용하는 여러 알고리즘 중, Kim의 알고리즘은 색평면 간 적응적인 가중 화소 예측을 사용하여 RGB 압축 효율을 크게 향상시켰다[4]. Kim의 알고리즘은 그림 1과 같이 6 종류의 색평면 간 예측을 매크로블록 또는 4x4, 8x8 블록 단위로 적용하고 있으며, 색평면 간 예측 시에는 주변 블록 화소를 이용하여 색평면 간 가중 화소 예측을 사용하였다. 또한 가중 화소 예측 시, 주변 블록의 화소를 적응적으로 이용하여 보다 정확한 화소 예측을 가능하게 하였다. 본 논문에서는 이러한 Kim의 알고리즘을 바탕으로 우리가 제안하는 적응적 기저 색평면 필터링 방법을 적용하였다.

표 1. 10비트 1920x1080 HD 영상의 각 서브밴드별 색평면 간 상관도

실험 영상	G/B 색평면 간 상관도				G/R 색평면 간 상관도				B/R 색평면 간 상관도			
	LL	LH	HL	HH	LL	LH	HL	HH	LL	LH	HL	HH
CR	0.949	0.822	0.306	0.263	0.895	0.799	0.289	0.286	0.801	0.703	0.882	0.657
FW	0.961	0.862	0.118	0.248	0.973	0.865	0.142	0.241	0.896	0.786	0.891	0.648
MIR	0.974	0.840	0.821	0.368	0.936	0.860	0.822	0.541	0.870	0.738	0.670	0.245
PL	0.938	0.900	-0.189	0.193	0.964	0.924	-0.054	0.190	0.884	0.819	0.864	0.578
PC	0.975	0.546	0.359	0.229	0.978	0.674	0.572	0.269	0.959	0.296	0.157	0.003
RT	0.926	0.949	0.910	0.932	0.791	0.987	0.974	0.955	0.738	0.942	0.890	0.928
TS	0.983	0.455	0.271	0.209	0.933	0.719	0.563	0.258	0.924	0.253	0.098	-0.021
WV	0.988	0.946	-0.456	0.220	0.994	0.830	-0.446	0.182	0.969	0.714	0.810	0.544
평균	0.962	0.790	0.267	0.330	0.933	0.832	0.358	0.362	0.88	0.656	0.658	0.448

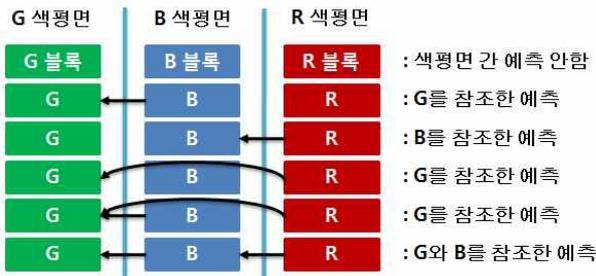


그림 1. Kim[4]이 제안하는 색평면 간 예측 방법.

3. 색평면 간 예측 시의 적응적 기저 색평면 필터링

표 1에서도 볼 수 있듯이, 대부분의 RGB 영상은 고주파수 영역에서 색평면 간 상관도가 낮음을 알 수 있다. 이러한 낮은 상관도는 색평면 간 예측 성능 저하의 원인이 되기 때문에 기저 색평면에서 낮은 상관도를 갖는 고주파수 영역을 제거하는 알고리즘을 사용하면 보다 정확하고 효율적인 플레인 간 예측을 수행할 수 있다[6].

하지만 RT 영상과 같이 모든 주파수 영역에서 색평면 간 상관도가 높거나 영상의 프레임 내에서 상관도 차이가 클 경우, 필터링이 오히려 예측 성능을 저하시킬 수 있다. 따라서 본 논문에서는 매크로 블록 단위에서 원래의 기저 색평면 또는 필터링 된 기저 색평면을 적응적으로 결정하는 알고리즘을 제안한다.

기저 색평면의 필터링은 표 1에서 색평면 간 상관도를 얻기 위해 사용한 LPF ($[1 \ 2 \ 1] / 4$) 를 통해 고주파수 성분을 제거하게 된다. 그림 2는 LPF를 적용하기 위한 현재 화소와 그 주변 화소의 모습을 나타내고 있으며, 그림의 i 와 j 는 화소의 좌표값을 나타낸다. 현재의 화소 (i, j)를 필터링 하기 위해 가로 방향의 3 화소 ($(i-1, j), (i, j), (i+1, j)$)와 세로 방향의 3 화소 ($(i, j-1), (i, j), (i, j+1)$)에 각각 LPF를 적용한다.

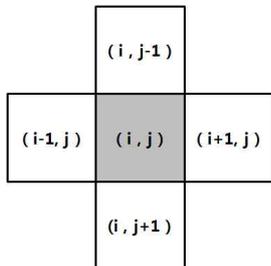


그림 2. LPF를 적용할 현재 화소(i, j)와 그 주변 화소의 모습.

RGB 영상의 압축은 일반적으로 G,B,R 색평면 순으로 코딩을 하게 되는데, B 색평면을 코딩할 때에는 G 기저 색평면의 픽셀 정보를

참조하며 R 색평면을 코딩할 때에는 G,B 기저 색평면의 픽셀 정보를 참조하여 색평면 간 예측을 하게 된다. 따라서 B 색평면 코딩 시에는 원래의 G 기저 색평면과 필터링 된 G 기저 색평면을 이용하여 코딩을 하게 되며 R 색평면 코딩 시에는 원래의 G,B 기저 색평면과 필터링 된 G,B 기저 색평면을 통해 코딩을 하게 된다. 우리는 매크로 블록 단위에서 적응적으로 원래의 기저 색평면과 필터링 된 기저 색평면을 선택하는 방법을 구현하였다. 그림 3은 매크로 블록 단위에서 각각의 인트라 모드에 최적인 기저 색평면을 선택하는 알고리즘을 보여준다.

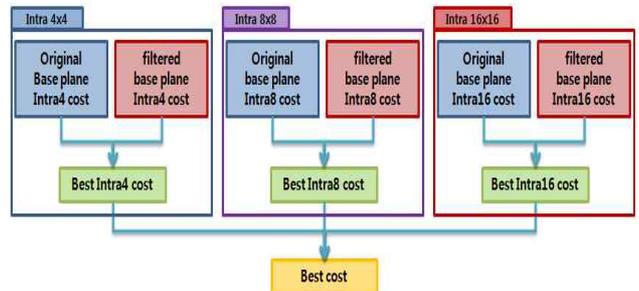


그림 3. 인트라 모드 별 최적의 모드 결정 방법.

그림 3에서와 같이 각각의 인트라 모드에서 원래의 기저 색평면 영상을 사용하였을 때의 비용과 필터링 된 기저 색평면 영상을 사용하였을 때의 비용을 비교하여, 더 낮은 쪽의 인트라 모드와 기저 색평면을 선택하게 된다. 물론, 제안하는 알고리즘을 위해서 디코더 측에 기저 색평면의 필터링 유무를 알리는 추가 정보가 필요하며, 추가정보는 매크로 블록 당 1비트씩 요구된다. B 색평면 코딩 시에는 필터링 된 G 기저 색평면을 사용할 경우 1, 원래의 G 기저 색평면을 이용할 경우에는 0의 추가 정보를 매크로 블록 단위로 전송한다. R 색평면 코딩 시에는 필터링 된 G,B 기저 색평면을 사용할 경우와 원래의 G,B 기저 색평면을 사용할 경우의 두 가지로 나누어서 1 또는 0의 추가 정보를 매크로 블록 단위로 전송하게 된다.

4. 실험 결과 및 분석

본 논문에서는 기존의 알고리즘과의 비교를 위해 H.264/AVC JM15.2 소프트웨어를 사용하였으며, 테스트 영상과 코딩 변수 설정은 표2의 내용과 같다.

실험 결과는 각 테스트 영상에서 60프레임의 평균값을 구하여 비교하였다. 우리는 본 논문에서 제안하는 알고리즘의 성능 검증에 위해 Kim[4]의 알고리즘과, Kim[4]의 알고리즘을 바탕으로 구현한 Kim[6]의 알고리즘, 그리고 H.264/AVC High 4:4:4 Profile과 비교하였으며, 비교 결과를 표 3에 나타내었다.

표 2. 테스트 영상 및 코딩 변수 설정

영상 스펙	10비트 RGB, 1920x1080, 24fps, 60frames			
영상 종류	Capital	Records(CR)	FreeWay(FW)	Plane(PL)
	Waves(WV)	Man In	Restaurant(MIR,1920x896)	
	Playing Cards(PC)	Rolling Tomatoes(RT)		
	Table Settings(TS) (총 8개)			
Profile	High 4:4:4 Intra			
코딩 옵션	CABAC, RDO(on), SATD(on), Adaptive Rounding on			
코딩 구조	Intra only, QP : 12, 18, 24, 30			

표 3. 기존의 알고리즘과 비교한 제안하는 알고리즘의 성능

Seq	H.264 RGB4:4:4		Kim[4]의 알고리즘		Kim[6]의 알고리즘	
	dPSNR (dB)	dBDR (%)	dPSNR (dB)	dBDR (%)	dPSNR (dB)	dBDR (%)
CR	0.82	-9.90	0.01	-0.09	0.49	-6.61
FW	1.13	-11.58	0.11	-1.11	0.34	-4.18
MIR	1.21	-18.89	0.16	-2.91	0.22	-3.88
PL	1.21	-19.11	0.13	-2.36	0.16	-2.83
PC	0.75	-10.49	0.11	-1.63	0.05	-0.75
RT	0.72	-18.88	-0.01	0.12	0.34	-10.30
TS	0.51	-6.74	0.10	-1.39	0.03	-0.39
WV	1.06	-22.10	0.01	-0.34	0.11	-2.82
Avg	0.93	-14.71	0.08	-1.21	0.22	-3.97

본 논문에서 제안하는 알고리즘은 H.264 RGB 4:4:4에 비해 최대 22.1%, 평균 14.71%의 비트율 감소 효과를 보였으며, Kim[4]의 알고리즘에 비해 최대 2.91%, 평균 1.21%의 비트율 감소 이득을 얻었다. 또한 기저 색평면에 LPF를 적용한 Kim[6]의 알고리즘에 비해 최대 10.30%, 평균 3.97%의 비트율 감소 이득을 얻을 수 있었다. 따라서 본 논문에서 제안하는 적응적 기저 색평면 필터링 알고리즘이 색평면 간 예측 효율을 높이는 것을 확인할 수 있었다.

5. 결론

본 논문에서 우리는 RGB 영상의 색평면 간 예측 시, 기저 색평면을 적응적으로 필터링 하는 방법을 제안하였다. 실험 결과 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 H.264의 RGB 4:4:4 Profile에 비해 평균 14.71%의 비트율 감소를 보였으며, 기존의 기저 색평면 필터링 알고리즘에 비해 최대 10.30%, 평균 3.97%의 비트율 감소 효과를 얻을 수 있었다. 따라서 기저 색평면 간의 상관도가 높거나 프레임 내에서의 상관도 변화가 큰 영상일 경우, 본 논문에서 제안하는 알고리즘을 통해 코딩 효율을 높일 수 있음을 볼 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 한국 기술 표준원의 지원 사업 B0011443의 지원을 통해 수행되었음.

참고문헌

- [1] JVT, "Joint Draft 6 of "New profiles for professional applications" amendent to ITU-T Rec. H.264 & ISO/IEC 14496-10", JVT-V204, January 2007.
- [2] D.Marpe, H.Kirchhoffer, "Macroblock-adaptive residual color space transforms for 4:4:4 video coding", proc. IEEE ICIP, pp3157-3160, Oct. 2006.

[3] Byung Cheol Song, Yun Gu Lee, and Nak Hoon Kim, "Block Adaptive Inter-Color Compensation Algorithm for RGB 4:4:4 Video coding", IEEE CVST, vol.18, no.10, pp.1447-1451, Oct, 2008.

[4] Y.-H. Kim, S.-Y. Jung, B.H. Choi and J.K. Park, "High Fidelity RGB Video coding Using Adaptive Inter-Plane Weighted Prediction", IEEE CVST, vol.19, no.7, pp.1051-1056, July 2009.

[5] B.K. Gunturk, Y. Altunbasak, and R.M. Mersereau, "Color plane interpolation using alternating projections", IEEE Trans. Image Processing, vol.11, no.9, pp.997-1013, Sep. 2002.

[6] Hyun Mun Kim, "Core Experiment on Residual Color Transform for 4:4:4 video", JVT 17th meeting, Nice, France, October,2005, JVTQ308R2, unpublished.