

# 인접블록의 상관관계에 기반한 RGB video coding 개선 알고리즘

논문

58-12-38

## Enhanced RGB Video Coding Based on Correlation in the Adjacent Block

김 양 수\* · 정 진 우\*\* · 최 윤 식†  
(Yang-Soo Kim · Jin-Woo Jeong · Yoon-Sik Choe)

**Abstract** - H.264/AVC High 4:4:4 Intra/Predictive profiles supports RGB 4:4:4 sequences for high fidelity video. RGB color planes rather than YCbCr color planes are preferred by high-fidelity video applications such as digital cinema, medical imaging, and UHDTV. Several RGB coding tools have therefore been developed to improve the coding efficiency of RGB video. In this paper, we propose a new method to extract more accurate correlation parameters for inter-plane prediction. We use a searching method to determine the matched macroblock (MB) that has a similar inter-color relation to the current MB. Using this block, we can infer more accurate correlation parameters to predict chroma MB from luma MB. Our proposed inter-plane prediction mode shows an average bits saving of 15.6% and a PSNR increase of 0.99 dB compared with H.264 high4:4:4 intra-profile RGB coding. Furthermore, extensive performance evaluation revealed that our proposed algorithm has better coding efficiency than existing algorithms..

**Key Words** : RGB video coding, Inter-plane prediction, Correlation mapping

### 1. 서 론

최근 디스플레이의 해상도와 크기가 점점 더 커지고 있으며 고화질, 고 색상에 대한 요구와 관심이 커져가고 있다. 이에 따라 YUV 4:2:0 형식이 아닌 YUV 4:4:4 형식과 RGB 형식으로 영상신호를 처리해야하는 요구가 생겨왔다. 이에 최근에 H.264/AVC 에서도 이를 지원하기위해 High 4:4:4 Intra/Predictive profiles을 제정하였다 [1]. 현재 상용으로 사용하는 일반적인 환경에서는 대부분의 비디오 부호화기의 경우 효율을 높이기 위해서 YUV 4:2:0 주로 사용하고 있다. 이런 경우 영상은 RGB에서 YUV 변환 과정에서 발생하는 양자화 오류와 4:4:4형식에서 4:2:0형식으로 변환 시에 발생하는 색차정보의 손실을 포함하고 있다. 이로 인해서 전문적으로 고 신뢰도를 요구하는 디지털 시네마, 의료영상 U HDTV에는 적용하기가 어렵다. 그래서 현재 이런 전문분야에서는 색차정보의 손실이 없는 RGB혹은 XYZ 형식의 영상신호처리를 선호한다. 또한 영상에 필름 노이즈가 포함되어 있는 경우에는 노이즈가 색좌표 변환 시에 Y채널에 집중되지 않고 UV 채널에 남겨져서 양자화레벨이 낮은 고 비트율로 부호화를 할 경우에는 노이즈 영향으로 인해서 부호화기의 효율이 저하된다. 이 때문에 이런 고 비트율 영상에서는 YUV 형식이 비디오가 RGB 형식의 비디오 보다 오

히려 부호기 효율이 낮다 [2]. 이러한 장점 때문에 H.264/AVC에서 RGB영역에서의 신호처리를 지원하고 있으며 RGB를 동일한 부호화 변수로서 처리하는 공통모드(인터 색차 의존 모드)가 지원된다. 하지만 RGB영역은 기본적으로 색 간에 연관된 중복정보(redundancy)가 존재하므로 이를 제거해서 부호기의 효율을 높일 필요가 있고, 이러한 연구가 진행되어 왔다 [3]~[6]. 이런 연구를 색 즉 컬러채널간의 상관관계를 이용한다고 해서 색 간 추정(inter color prediction)혹은 색차 간 추정(inter plane prediction)이라고도 한다.

하지만 기존 연구에서는 색차 신호를 추정함에 있어서 인접 영역의 픽셀을 선택할 때 이 픽셀이 현재의 매크로블록의 정보를 나타내는 정확한 픽셀인지 아닌지를 구분하지 않는다. 이로 인해서 부적절한 픽셀이 추정에 사용될 수 있으며 이로 인해 추정영상의 정확도가 떨어질 수 있다 [6]. 본 논문에서는 이러한 문제점을 개선하고자 한다.

### 2. 제안 알고리즘

본 논문은 G가 부호화 완료되고 B와 R을 부호화할 때 이미 부호화 완료된 G를 이용해서 B와 R의 정확한 추정화면을 만들기 위한 알고리즘으로, RGB 색차 간의 좀 더 정확한 상관계수를 계산하기위해 유사한 영역을 선택하고 이를 통해서 계산된 상관계수를 이용해서 추정영상을 만들어서 부호기의 효율을 높이고자 한다. 그림 1에서 보듯이 추정하고자 하는 영상내부에 여러 가지의 경계와 색깔이 있고 인접 영역에서도 역시 여러 색깔과 경계가 있는 경우에는 인접한 모든 픽셀을 이용해서 상관계수를 추출하는 경

\* 정 회 원 : 연세대학교 전기전자공학과 박사과정

\*\* 정 회 원 : 연세대학교 전기전자공학과 박사과정

† 교신저자, 정 회 원 : 연세대학교 전기전자공학과 교수

E-mail : yschoe@yonsei.ac.kr

접수일자 : 2009년 9월 15일

최종완료 : 2009년 11월 2일

우에는 현재 블록을 추정하는데 부정확한 픽셀도 사용될 수 있으므로 추출된 파라메타의 정확도가 떨어져서 정확한 추정 영상을 만들어 내는데 문제가 된다.

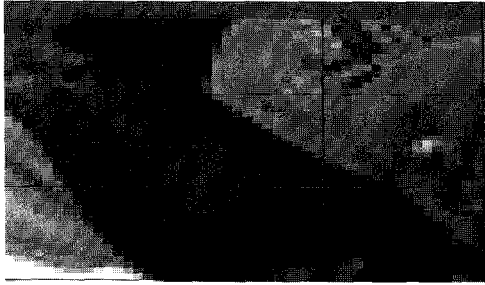


그림 1 MB내와 인접영역이 여러 색과 영역으로 나뉘어진 영상

Fig. 1 Image that has multiple color and segmentations in the macroblock and neighborhood regions

이에 본 연구에서는 현재 부호화 하고자하는 B, R의 매크로블록과 동일한 색깔 즉 색깔 특성을 가지는 영역을 인접 블록에서 찾아서 이곳에서만 상관계수를 추출하는 알고리즘을 제안하고 한다. 전체 개념을 그림 2를 통해서 살펴보면 B, R을 부호화 할 때 G를 이용한 예측이미지를 만들려면 복호화 완료된 영역에서 B와 G사이의 정확한 상관계수를 추출해야한다. 이를 위해 현재 부호화 하려는 B와 동일한 위치에 있는 G의 MB를 작은 블록 단위로 쪼갬다. 그리고 이 G 블록과 가장 유사한 블록을 인접 영역에서 검색을 통해서 찾아낸다. 찾아낼 때에는 사용하는 방법은 현재 움직임 탐색에서 많이 사용하는 SAD를 사용한다. 즉 인접 블록 중에서 가장 SAD(sum of absolute difference)가 낮은 블록을 찾아서 이를 최적의 상관계수를 추출하기 위한 블록으로 결정한다. (1)과 (2)는 복호화 된 G에서 인접영역에서 최소 SAD를 가지는 블록을 찾는 수식을 나타낸다.

$$m^*, n^* = \operatorname{argmin}_{m, n} SAD(m, n)_G \quad (1)$$

$$SAD(M, N)_G = \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} |G(i, j) - G(i-m, j-n)| \quad (2)$$

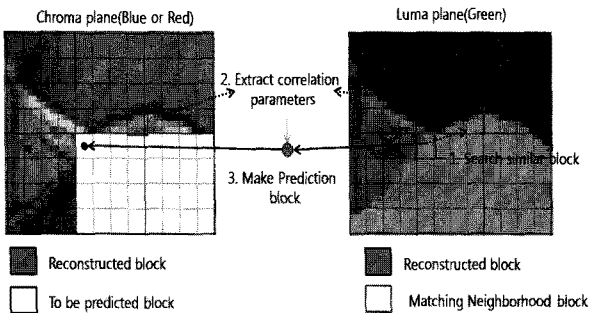


그림 2 제안된 알고리즘의 전체 개념도  
Fig. 2 General flow of proposed algorithms

$m^*, n^*$ 은 최소 SAD값을 가지는 인접 블록의 상대적인 위치를 의미한다. M, N은 G의 쪼개놓은 블록의 가로세로 크기를 의미한다. 이렇게 찾은 블록에서 상관계수를 추출해서 B를 부호화하기 위한 추정 영상을 만들어 낸다. 기 부호화 된 G에서 B를 추정하기 위해서는 식(3)을 따른다.

$$B_p(i, j) = \alpha_B \times G(i, j) + \beta_B \quad (3)$$

여기서  $\alpha_B$ 와  $\beta_B$ 는 G에서 B로의 선형 변환을 위한 기울기 값과 오프셋 값이다. 이를 구하기 위해서는 앞에서 구한 최소 SAD를 가지는 G블록과 그와 동일한 위치에 있는 B블록 사이에 상관계수 값을 MSE(min square error) 방법을 사용해서 (4), (5)로 구할 수 있다.

$$\alpha_B = \frac{MN \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} B(i-m^*, j-n^*) \times G(i-m^*, j-n^*)}{MN \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (G(i-m^*, j-n^*))^2 - \left( \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} G(i-m^*, j-n^*) \right)^2}$$

$$\beta_B = \frac{1}{MN} \left( \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} B(i-m^*, j-n^*) - \alpha_B \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} G(i-m^*, j-n^*) \right) \quad (4)$$

$$\beta_B = \frac{1}{MN} \left( \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} B(i-m^*, j-n^*) - \alpha_B \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} G(i-m^*, j-n^*) \right) \quad (5)$$

본 논문에서 블록을 찾는 검색영역은 그림 3에서 표시된다. H.264에서 영상을 부호화 하는데 사용되는 16X16, 8X8, 4X4 크기의 블록에 대해서 연산량의 증가를 최소화하기 위해서 현재 매크로 블록의 인접영역만 검색한다. 즉 그림 3에 나와 있듯이 부호화 하는 영역의 좌측, 상단, 우 상단 영역에서만 픽셀단위로 이동하면서 유사 블록을 찾아낸다. 이렇게 B를 추정하고 나면 R은 동일한 방법으로 부호화 한다. 하지만 B를 부호화할 때는 사용 가능한 정보가 G만 있었지만, R을 부호화 할 때에는 B도 부호화가 끝나있으므로 상기의 색차간 추정(inter-plane prediction) 시에 사용가능 하다. 이에 사용가능한 추정모드의 경우의 수가 늘어나게 된다.

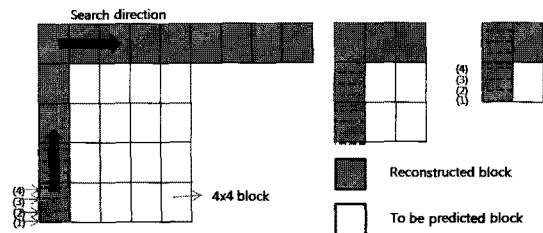


그림 3 16x16, 8x8, 4x4 매크로블록 크기별 검색 영역  
Fig. 3 Search ranges and directions of each 16x16, 8x8 and 4x4 block.

### 3. H.264에서 제안 알고리즘 구현

본 절에서는 제안알고리즘을 H.264 부호기 안에 구현하는 방법에 대해서 설명하고자 한다. 기본적으로 intra 추정 실시 후에 제안하는 색차 간 추정이 실시된다. 상세 알고리즘은 독립적인(independent) G/B/R 부호화를 기반으로 구현하였으며 BB-AIWP [6]에서 제안하는 4가지모드도 사용하였다. 이는 균일한(homogeneous) 영상에서 성능이 우수하기 때문이다. 본 연구에서 제안하는 일치되는 블록모드(matched block mode)를 그 후에 추가되어 적용하였다. 상세한 알고리즘은 아래와 같다.

- Step 1: G 부호화 완료, B부호화 시작
- Step 2: B의 16x16 size 최적 모드 탐색.
  - Step 2.1: 4가지 intra 16x16모드 추정화면 만들.
  - Step 2.2: G를 이용한 5가지 inter-plane 16x16모드 추정
  - Step 2.3: 위 9가지 모드 중에서 최소 RDcost모드 결정
- Step 3: B의 8x8 size 최적모드 탐색.
  - Step 3.1: 9가지 intra 8x8모드 추정화면 만들.
  - Step 3.2: G를 이용한 5가지 inter-plane 8x8모드 추정
  - Step 3.3: 위 14가지 모드 중에서 최소 RDcost모드 결정
- Step 4: B의 4x4 size 최적모드 탐색.
  - Step 4.1: 9가지 intra 4x4모드 추정화면 만들
  - Step 4.2: G를 이용한 5가지 inter-plane 4x4모드 추정
  - Step 4.3: 위 14가지 모드 중에서 최소 RDcost모드 결정
- Step 5: B 부호화 완료, R 부호화 시작
- Step 6: R의 16x16 size 최적 모드 탐색.
  - Step 6.1: 4가지 intra 16x16모드 추정화면 만들.
  - Step 6.2: G를 이용한 5가지 inter-plane 16x16모드 추정
  - Step 6.3: B를 이용한 3가지 inter-plane 16x16모드 추정
  - Step 6.4: 위 12가지 모드 중에서 최소 RDcost모드 결정
- Step 7: R의 8x8 size 최적모드 탐색.
  - Step 7.1: 9가지 intra 8x8모드 추정화면 만들.
  - Step 7.2: G를 이용한 5가지 inter-plane 8x8모드 추정.
  - Step 7.3: B를 이용한 3가지 inter-plane 8x8모드 추정
  - Step 7.4: 위 17가지 모드 중에서 최소 RDcost모드 결정
- Step 8: R의 4x4 size 최적모드 탐색.
  - Step 8.1: 9가지 intra 4x4모드 추정화면 만들
  - Step 8.2: G를 이용한 5가지 inter-plane 4x4모드 추정
  - Step 8.3: B를 이용한 3가지 inter-plane 4x4모드 추정
  - Step 8.4: 위 17가지 모드 중에서 최소 RDcost모드 결정

위 알고리즘에서 보듯이, 5개의 추가적인 색차 간 추정모드가 B를 부호화기 위해서 존재하며, B가 부호화 완료된 후 R을 부호화 할 때에는 G 뿐만 아니라 B도 사용가능한 프레임이 된다. 따라서 그림 4에서처럼 R을 추정할 때에는 G를 사용한 5개 모드이외에 그림 5에서처럼 B를 이용한 3개의 색차간 추정모드를 사용한다. 이때 B를 이용한 추정시에 5개가 아닌 3가지모드를 사용하는 것은 H.264의 기존 신택스(syntax)를 최소한의 변경을 통해서 사용하기 위함이다. 이렇게 8개의 모드만을 추가함으로써 16x16모드 추정시에 사용하지 않는 색도예측모드(chroma prediction mode)를 활용하여 색차간 예측모드(inter plane prediction mode)

를 사용할 수 있고, 8x8, 4x4 경우에는 예측모드를 나타내는 오버헤드 비트를 1bit만 늘려서 4bit으로 변경해서 사용가능하기 때문이다.

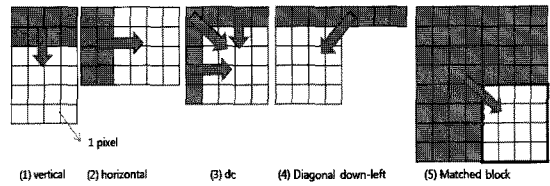


그림 4 G를 이용한 B와 R의 5가지 추정모드  
Fig. 4 The five available inter-plane prediction modes for blue and red using green.

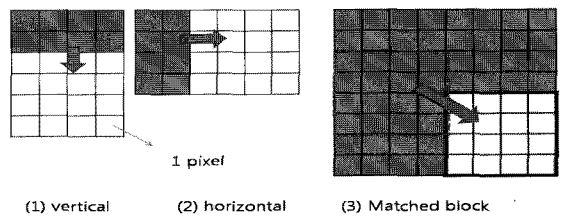


그림 5 B를 이용한 R의 3가지 inter-plane 추정모드  
Fig. 5 The three available inter-plane prediction modes for red using blue.

### 4. 시뮬레이션 및 결과

본 논문에서 제안된 알고리즘을 시뮬레이션 하기 위해서 H.264 JM15.2 프로그램을 사용하였으며, 사용된 영상은 10bits RGB, 1920x1080, 60frame, 24fps로 바이퍼 카메라(viper camera)에서 추출된 표준 실험영상인: Capital Records(CR), Freeway(FW), Plane, Waves(PW) 와 필름을 스캔한 표준영상인 Man in restaurant(MIR, 1920x896), Playing cards(PC), Rolling Tomatoes(RT), Table settings(TS)을 사용하였으며 부호화시 사용된 조건은 아래와 같다. Profiles 은 High 4:4:4 Intra사용했으며, Options으로는 CABAC, RDO(on), SATD(on), Adaptive Rounding (1) 적용하였다. Coding structure는 Intra only로 QP는 12, 18, 24, 30. 4가지를 사용하였다. 본 논문에서 실험한 기존 알고리즘은 H.264/AVC High4:4:4 Intra profile의 표준인 독립적인 RGB방식, Lee's new intra prediction [5]와 BB-AIWP [6]을 비교하였다. 본 실험에서 [4] 는 제외 시켰는데 이는 [4] 방법의 경우 상관계수를 직접 복호화 단계 전송하는 방식으로 인접블록의 정보를 이용하는 본 알고리즘과 차이가 있어서 이다. 성능을 비교하기 위해서 본 실험에서는 자주 사용되는 delta PSNR (dPSNR)과 delta bit-rate (dBR)을 사용하였다 [7]. 표 1의 실험 결과에서 보듯이 제안된 알고리즘은 가장 좋은 성능을 보여준다. 제안한 알고리즘은 RGB IND모드 코딩 방식보다 PSNR에서는 0.99dB 좋아졌으며 비트율 에서는 -15.6% 감소되었다. 또한 기존의 [5],[6] 알고리즘 보다 모든 test영상에 대해서 좋은 성능을 보여주고 있다.

**표 1** 기존 알고리즘과 제안 알고리즘과의 성능 비교  
**Table 1** Performance of our proposed method compared to existing methods.

	H.264 RGB		Lee's New intra		BB-AIWP	
	dPSNR	dBR	dPSNR	dBR	dPSNR	dBR
CR	1.03	-12.49	0.9	-11.04	0.20	-2.76
FW	1.20	-12.16	1.18	-11.96	0.16	-1.68
MIR	1.21	-19.19	1.12	-17.88	0.18	-3.27
PL	1.22	-19.06	1.08	-17.14	0.14	-2.47
PC	0.76	-10.48	0.72	-9.95	0.12	-1.81
RT	0.80	-21.13	0.54	-14.00	0.10	-2.77
TS	0.54	-6.98	0.49	-6.35	0.13	-1.77
WV	1.13	-23.29	0.90	-19.14	0.09	-2.18
<b>Avg</b>	<b>0.99</b>	<b>-15.60</b>	<b>0.87</b>	<b>-13.43</b>	<b>0.14</b>	<b>-2.34</b>

**5. 결 론**

본 연구는 색차간의 유사도를 좀 더 정확하게 추출하여 추정 영상을 만들어냄으로써 부호화 효율을 높이는 알고리즘으로 제안 하였다. 이를 통해 RGB video 부호화에 기존 알고리즘보다 모든 실험영상에서 PSNR, 비트율 측면에서 더 나은 성능을 보여 주었으며 또한 YUV 4:4:4에도 적용가능하다. 현재로는 디지털 시네마 등의 전문영역에서만 RGB, YUV 4:4:4. 사용하고 있지만, 신뢰도 높은 영상에 대한 요구와 관심은 지속적으로 증가할 것이며 이에 따라서 본 논문에서 제안하는 색차간의 연관관계를 이용한 부호화 알고리즘의 중요성은 더 커질 것이다.

**참 고 문 헌**

[1] JVT, "Joint Draft 6 of "New profiles for professional applications" amendment 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, October 2006.  
 [3] Woo-Shik Kim, Dae-Sung Cho and Hyun Mun Kim, "Inter-Plane Prediction for RGB video coding," IEEE ICIP., vol. 2, pp. 785-788, 2004.  
 [4] 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.  
 [5] S.H. Lee, J.W. Moon, J.W. Byun and N.I. Cho, "A New Intra Prediction Method Using Channel Correlations for The H.264/AVC Intra Coding," Picture coding Symposium 2009. march, 2009.

[6] 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, pp1051~1056, July, 2009.  
 [7] G. Bjøntegaard, "Calculation of average PSNR differences between RD-curves," presented at the 13th Meeting of Video Coding Experts Group (VCEG), Austin, TX, Apr. 2001, VCEG-M33, unpublished.

**저 자 소 개**



**김 양 수 (金 良 洙)**  
 1997년 부산대학교 전자공학 석사 졸업.  
 1997~2002년 삼성 SDI 디스플레이연구소 주임연구원  
 2003년~현재 연세대학교 전기전자공학과 박사과정 재학.  
 <주관심분야 : 영상/동영상 부호화, High fidelity video coding,>



**정 진 우 (鄭 珍 祐)**  
 2004년 연세대학교 전기전자공학과 학사 졸업  
 2006년 연세대학교 전기전자공학과 석사 졸업  
 2006년~현재 연세대학교 전기전자공학과 박사과정 재학  
 <주관심분야 : 영상/동영상 부호화, 비트율 제어 기법, 비디오 스트리밍, High performance video coding>



**최 윤 식 (崔 潤 植)**  
 1979년 연세대학교 전기공학과 학사 졸업  
 1984년 Case Western Reserve Univ. 시스템공학과 졸업  
 1987년 Pennsylvania Stat Univ. 전기공학과 석사 졸업  
 1990년 Perdue Univ. 전기공학부 박사 졸업  
 1990년~1993년 (주) 현대전자 산업전자 연구소 책임연구원  
 1993년~현재 연세대학교 전기전자공학부 정교수  
 <주관심분야 : 영상신호처리, HDTV, 동영상 압축>