

정규논문 (Regular Paper)

방송공학회논문지 제17권 제3호, 2012년 5월 (JBE Vol. 17, No. 3, May 2012)

http://dx.doi.org/10.5909/JBE.2012.17.3.480

## FIR 필터, 선형 필터, 고정밀도 필터를 이용한 색차 보간법

문 경 수<sup>a)</sup>, 김 정 필<sup>a)</sup>, 이 영 렬<sup>a)†</sup>

### Chroma Interpolation using High Precision Filter, FIR Filter, Linear Filter

Kyung-Soo Moon<sup>a)</sup>, Jeong-Pil Kim<sup>a)</sup> and Yung-Lyul Lee<sup>a)†</sup>

#### 요 약

H.264/AVC 표준은 색차 신호를 보간할 때 선형 보간을 이용하여 예측 보간 신호를 생성한다. 휘도 신호의 예측 보간에 사용되는 6탭 FIR 필터, 2탭 선형필터, 고정밀도 필터의 조합은 선형 예측 보간에 비해서 더 정확한 예측 값을 생성할 수 있다. 본 논문에서는 휘도신호의 예측 보간에 사용되는 6탭 FIR 필터, 2탭 선형 필터, 고정밀도 필터를 색차신호의 예측보간에 사용하여 부호화 효율을 높이는 방법을 제안하였다. 실험 결과, 제안하는 방법은 jm11.0kta2.7 과 비교하여 PSNR의 감소없이 BD-Rate의 감소를 확인하였다. Y는 최대 1.3%, Cb는 최대 19.8%, Cr은 최대 25.0%의 BD-Rate의 감소를 확인 할 수 있었다. 평균적으로 Y는 0.5%, Cb는 6.1%, Cr는 6.9%의 BD-Rate의 감소를 확인하였다.

#### Abstract

When interpolating chrominance signal, the H.264/AVC standard uses linear interpolation. In this paper, we suggest more effective method that uses a high precision filter, 6-tap FIR filter, 2-tap linear filter for chroma interpolation. The experimental result shows that the proposed method achieves the BD-Rate decrease without the PSNR decrease compared with Jm11.0kta2.7. The maximum BD-rate improvements on Y component are 1.3%, those of Cb and Cr components are 19.8%, 25.0%, respectively. The average BD-rate improvements on Y component are 0.5%, those of Cb and Cr components are 6.1%, 6.9%, respectively.

Keyword : H.264/AVC, High Precision Filter, FIR Filter, Interpolation, BD-Rate

## 1. 서 론

영상 부호화 표준들 중 MPEG(Moving Picture Expert

Group)과 VCEG(Video Coding Expert Group)의 공동 개발로 가장 최근에 완성된 H.264/AVC(Advanced Video Coding)<sup>[1][2]</sup>에는 기존의 영상 부호화 표준들 보다 높은 압축 성능을 얻을 수 있다. H.264/AVC는 기존의 표준과 비교했을 때, 낮은 (절반 이하의) 비트 레이트에서 비슷하거나 더 좋은 화질을 얻을 수 있도록 개발되었다.

H.264/AVC 에는 기존의 영상 부호화 표준들 보다 높은 압축 성능을 얻기 위해 가변 블록 움직임 예측/보상, 다양한 방향성을 통한 화면 내 예측, 다중 참조 프레임, 이산 여현

a) 세종대학교 컴퓨터공학과 (DMS Lab. Dept. of Computer Engineering, Sejong University)

† 교신저자 : 이영렬 (Yung-Lyul Lee)

E-mail: yllee@sejong.ac.kr

Tel: +82-2-3408-3753, Fax: +82-2-3408-4321

※ 본 연구는 일부 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학IT연구센터육성 지원사업의 연구결과로 수행되었음(NIPA-2012-H0301-12-1006).

· 접수일(2011년12월1일), 수정일1차:(2012년3월5일,2차:4월20일), 게재확정일(2012년5월21일)

변환에 기반한 4×4 정수 역현 변환, 1/4 화소정밀도 움직임 보상, 다수의 참조픽처를 사용하는 예측, CAVLC(Context-based Adaptive Variable Length Coding), CABAC(Context-based Adaptive Binary Arithmetic Coding), 율-왜곡 최적화(Rate-Distortion Optimization) 등 다양한 기술들이 사용되었다.

움직임 예측/보상은 매크로 블록을 부호화하기 위하여, 이전에 부호화를 마친 프레임에서 현재 매크로 블록과 가장 유사한 블록을 찾는 움직임 예측 과정을 통하여 움직임 벡터를 얻고, 얻어진 움직임 벡터를 이용하여 예측 블록을 생성한 뒤, 부호화 할 블록과 움직임 보상을 통하여 부호화 할 잔여신호를 생성하는 기술이다. 이중 1/4 화소정밀도 움직임 보상은 정수화소 이하의 예측신호(1/4 정밀도에 해당되는 화소)를 생성하여 보다 정밀한 움직임 보상을 통하여 더 나은 부호화 효율을 얻는 기술이다.

움직임 보상 예측을 할 때 정수 화소 이하의 화소정밀도 신호는 참조 픽처의 화소 값을 보간하여 생성한다. 휘도 신호의 1/2 화소정밀도의 예측신호를 생성할 때는 6탭 FIR(Finite Impulse Response)를 사용하여 예측 신호를 생성한다. 정수 화소 신호와 1/2화소정밀도 신호를 2탭 선형 필터에 의해 보간 하여 1/4 화소정밀도 예측 신호를 생성한다.

색차 신호의 예측 보간 신호는 YCbCr 4:2:0 영상 포맷에서 정수 화소를 1/8 화소정밀도로 생성한다. 색차 신호의 예측 보간 신호는 참조 픽처의 정수 화소와의 1/8 화소 단위의 거리를 선형 보간 하여 생성한다.

본 논문에서는 색차 신호의 예측 보간에 6탭 FIR 필터, 2탭 선형 필터, 고정밀도 필터의 조합을 사용하여 보다 효율적인 부호화 방법을 제안 하였다. 색차 신호의 예측 보간에 사용되는 선형 보간법보다는 휘도 신호에서 사용되는 6 탭 FIR 필터, 2탭 선형 필터, 고정밀도 필터의 조합을 사용하면 보다 정확한 예측 보간 신호를 생성 할 수 있다. 보다 정확한 예측 보간 신호를 생성하면 부호화 할 잔여 신호의 수가 줄게 되어 부호화 효율이 향상된다.

다음 장에서는 H.264/AVC의 예측보간 신호의 생성 방법을 알아보고, 3장에서는 제안하는 방법을 자세히 살펴보고, 4장에서는 실험 결과를 바탕으로 제안하는 방법을 평가

한다. 마지막으로 5장에서는 본 논문의 결론을 기술한다.

## II. H.264/AVC 의 예측 보간 신호의 생성

### 1. 휘도신호의 예측 보간 신호의 생성

움직임보상 예측을 할 때 정수화소 이하의 화소정밀도 신호는 참조픽처의 화소 값을 이용하여 보간한다. 그림 1은 휘도신호의 예측 보간 신호의 생성 순서를 보여준다.

첫 번째 단계로 정수화소 신호로부터 6탭 FIR 필터를 사용하여 1/2 화소정밀도 예측신호를 생성한다. 1/2 화소정밀도 예측 신호를 생성하면 이미지의 높이와 넓이는 각각 정수 화소의 이미지의 2배로 확대되게 된다. 두 번째 단계로 2탭 선형 필터에 의해 1/4 화소정밀도 예측신호를 생성한다. 최종적으로 1/4 화소정밀도의 예측 신호를 생성하면 정수 화소의 이미지의 높이와 넓이에 비해 각각 4배의 크기를 가진 이미지가 생성된다.

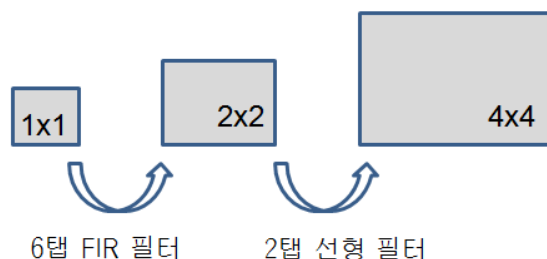


그림 1. 휘도신호의 예측 보간법의 순서  
 Fig 1. The order of luma interpolation

### 2. 휘도신호의 1/2 화소정밀도 예측 신호의 생성

H.264에서 움직임 보상 예측을 할 때 정수화소 이하의 화소정밀도 신호는 참조 픽처값들의 보간을 통해 생성한다. 그림 2는 보간 후 신호와 보간 전의 정수 신호와의 관계를 나타낸다. H.264에서는 1/2 화소정밀도 신호는 6탭 FIR 필터를 이용하여 보간 한다. 여기서 6탭 FIR 필터란 매 화소 위치마다 6개의 입력신호에 각각의 계수를 곱한 후 총합을 출력하는 필터이다.

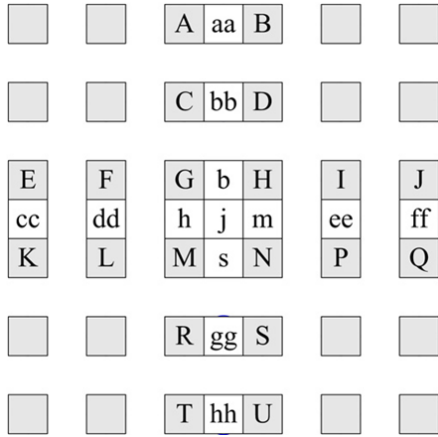


그림 2. 휘도신호의 1/2 화소정밀도의 위치  
Fig 2. 1/2 pel subsample position of luma

예를 들어 b, h 위치의 경우 아래의 식과 같이 구한다.

$$b = (E - 5F + 20G + 20H - 5I + J) / 32 \quad (1)$$

$$h = (A - 5C + 20G + 20M - 5R + T) / 32 \quad (2)$$

네 개의 정수화소 신호사이에 위치한 1/2 화소신호는 6 탭 필터링을 수평과 수직 모든 방향에 모두 적용한다. 예를 들어 j 위치의 경우 아래의 식과 같이 구한다.

$$j = (aa - 5bb + 20b + 20s - 5gg + hh) / 32 \quad (3)$$

6 탭 FIR 보간 필터는 선형 보간 필터에 비해 상대적으로 복잡하지만 정수 샘플 데이터에 잘 맞는 데이터를 생성하여 좋은 움직임 보상 성능을 나타낸다.

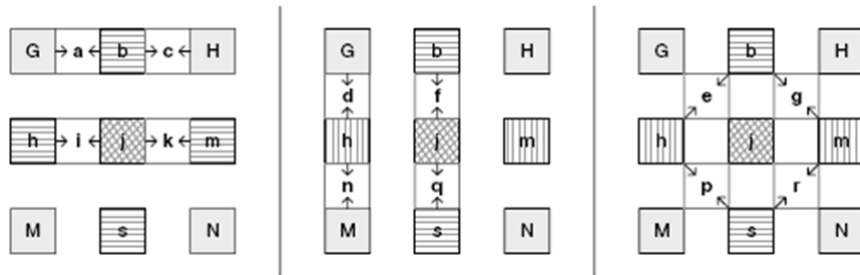


그림 3. 휘도신호의 1/4 화소정밀도의 위치  
Fig 3. 1/4 pel subsample position of luma

### 3. 휘도신호의 1/4 화소정밀도 예측 신호의 생성

1/2 화소정밀도 신호는 주변에 인접한 정수화소 신호 또는 1/2 화소신호의 2탭 선형 필터를 사용하여 생성한다. 예를 들어 화소 a, f, r 은 다음 식에 의해 계산된다.

$$a = (G + b) / 2 \quad (4)$$

$$f = (b + j) / 2 \quad (5)$$

$$r = (m + s) / 2 \quad (6)$$

### 4. 색차신호의 예측 신호의 생성

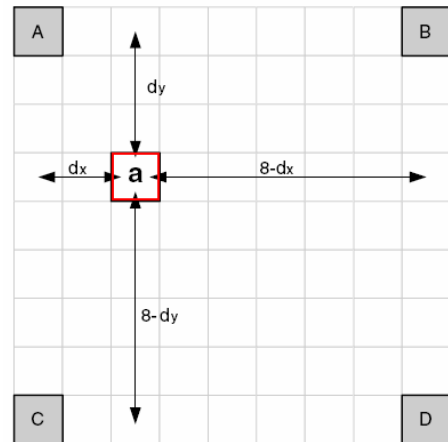


그림 4. 색차신호의 1/8 화소정밀도 위치  
Fig 4. 1/8 pel subsample position of chroma

색차신호의 예측 보간 신호는 1/8 화소정밀도로 생성한

다. YCbCr 4:2:0 영상 포맷에서 휘도 신호의 1/4 정밀도에 맞는 움직임 벡터를 사용하기 위해서는 색차 신호는 1/8 화소정밀도의 예측 보간 영상이 필요하기 때문이다. 그림 4는 보간 후 신호와 보간 전의 정수 신호와의 관계를 나타낸다.

색차신호의 예측보간 신호(예측보간 영상값:a)는 그림과 같이 정수화소를 1/8 화소정밀도로 선형 보간 하여 생성한다. 이 a 는 다음 식으로 표현된다.

$$a = [(8-d_x)(8-d_y)A + d_x(8-d_y)B + (8-d_x)d_yC + d_xd_yD] / 64 \quad (7)$$

여기서  $d_x, d_y$  는 좌측상단의 정수화소 A로부터 1/8 화소 단위의 거리를 나타낸다.

#### 4. 고정밀도 보간법(High Precision Interpolation)<sup>[3]</sup>

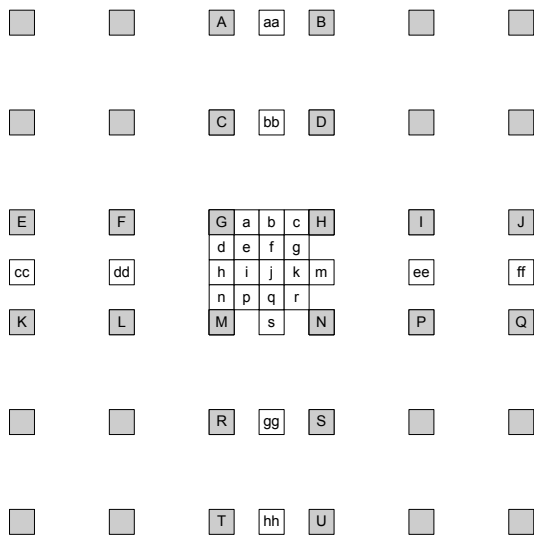


그림 5. 고정밀도 필터의 1/4 화소정밀도 위치  
Fig 5. 1/4 pel subsample position of high precision filter

H.264 의 보간법에서는, 1/4 화소신호 생성 시에 반올림과 클리핑된 1/2 화소신호를 사용한다. 또한 1/4 화소신호를 얻기 위해서 2탭 선형 필터링을 할 때에도, 사용된 값들의 상향 반올림이 항상 사용된다. 이와 같은 빈번하고 편향된 반올림은 보간 필터링의 정밀도를 감소시킨다. 고정밀

도 보간법은 마지막 자리의 정밀도를 지키기 위해서 반올림과 클리핑을 가장 나중까지 연기하는 방법이다.

그림 5는 고정밀도 필터의 1/4 화소정밀도까지의 서브샘플의 위치를 보여준다.

1/2 화소정밀도 예측 보간 신호를 생성할 때 shift와 반올림을 하지 않는 중간값으로 작업을 수행한다. 1/2 화소정밀도 예측 신호 b, h, m, s 의 중간값을 각각 b1, h1, m1, s1 으로 표시한다. 이 중간값들은 6탭 FIR 필터로 예측 보간하여 얻은 값 들이다. 예를 들어 중간값 b1, h1은 다음 식으로 표현된다.

$$b1 = E - 5F + 20G + 20H - 5I + J \quad (8)$$

$$h1 = A - 5C + 20G + 20M - 5R + T \quad (9)$$

네 개의 정수화소 신호사이에 위치한 1/2 화소신호는 6 탭 필터링을 수평과 수직 모든 방향에 모두 적용한다. 6탭 필터링을 2회 적용하므로 중간값은 4비트 shift 연산을 수행해서 b1, h1과 비슷하게 만든다. 중간값 j1은 다음 식으로 표현된다.

$$j1 = (aa1 - 5bb1 + 20b1 + 20s1 - 5gg1 + hh1) \gg 4 \quad (10)$$

중간값에서 1/2 화소정밀도 예측 보간 신호를 생성할 때는 미루어 두었던 shift, 반올림, 클리핑을 한꺼번에 적용한다. 예를 들어 중간값 b1, h1, j1에서 b, h, j 값을 구하려면 다음 식으로 표현된다.

$$b = (b1 + 16) \gg 5 \quad (11)$$

$$h = (h1 + 16) \gg 5 \quad (12)$$

$$j = (j1 + 32) \gg 6 \quad (13)$$

1/4 화소정밀도 신호 a, c, d, g, f, i, k, q 위치 값을 구할 때 중간에서 미루어 두었던 shift, 반올림, 클리핑을 한꺼번에 적용한다. 적용 식은 아래와 같다.

$$a = (G \ll 5 + b1 + 32) \gg 6 \quad (14)$$

$$c = (H \ll 5 + b1 + 32) \gg 6 \tag{15}$$

$$d = (G \ll 5 + h1 + 32) \gg 6 \tag{16}$$

$$n = (M \ll 5 + h1 + 32) \gg 6 \tag{17}$$

$$f = (j1 \gg 1 + b1 + 32) \gg 6 \tag{18}$$

$$i = (j1 \gg 1 + h1 + 32) \gg 6 \tag{19}$$

$$k = (j1 \gg 1 + m1 + 32) \gg 6 \tag{20}$$

$$q = (j1 \gg 1 + s1 + 32) \gg 6 \tag{21}$$

1/4 화소정밀도 신호 e, g, p, r 은 대각선 방향의 1/2 화소 정밀도 신호를 위쪽 반올림 후 평균해서 구한다.

$$e = (b1 + h1 + 32) \gg 6 \tag{22}$$

$$g = (b1 + m1 + 32) \gg 6 \tag{23}$$

$$p = (h1 + s1 + 32) \gg 6 \tag{24}$$

$$r = (m1 + s1 + 32) \gg 6 \tag{25}$$

구현은 32비트 정수형을 사용하여 구현한다.

### III. 색차 보간법의 효율 향상 방법 제안

#### 1. 제안하는 색차 보간법

기존의 색차신호의 예측보간 신호의 생성방법은 4개의 정수화소만 사용하여 선형 보간한다. 반면에 휘도신호 예

측 보간 신호는 6탭 FIR 필터를 사용하여 보다 많은 정수화소를 사용하여 보다 정확한 예측 보간 신호를 생성한다.

본 논문에서는 색차신호의 예측보간 신호의 생성방법을 휘도신호의 6탭 FIR 필터와 고정밀도 보간법을 이용하여 더 정확한 예측보간 신호를 생성하여 부호화 효율을 높이는 방법을 제안한다.

그림 6은 제안하는 색차보간법의 동작 순서를 보여준다. 1/2 화소정밀도, 1/4 화소정밀도, 1/8화소정밀도의 이미지를 만들 때, 고정밀도 필터를 사용하여 Shift와 반올림 연산을 하지 않는 중간값으로 이미지를 생성한다.

첫 번째로 정수화소 신호로부터 6탭 FIR 필터를 사용하여 1/2 화소정밀도 예측신호의 중간값 이미지를 생성한다. 두 번째로 2탭 선형 필터에 의해 1/4 화소정밀도 예측신호의 중간값 이미지를 생성한다. 세 번째로 6탭 FIR 필터를 사용하여 1/8 화소정밀도 예측신호의 중간값 이미지를 생성한다. 마지막으로 첫 번째와 세 번째 단계에서 마지막 자리의 정밀도를 지키기 위해서 미뤄둔 Shift 와 반올림과 클리핑을 수행한다.

#### 2. 6탭 FIR 필터를 이용한 중간값 생성

색차신호의 1/2 정밀도 예측 보간 신호의 생성할 때 6탭 FIR 필터를 이용하여 참조 픽처의 정수 화소에서 생성한다.

그림 7은 6탭 FIR 필터를 이용한 예측 보간 후 중간값의 위치를 나타낸다. 정수 화소 위치의 중간값은 참조픽처의 정수화소를 왼쪽으로 5비트 Shift 하여 생성한다. 예를 들어 G1, H1의 값은 아래의 식과 같이 구한다.

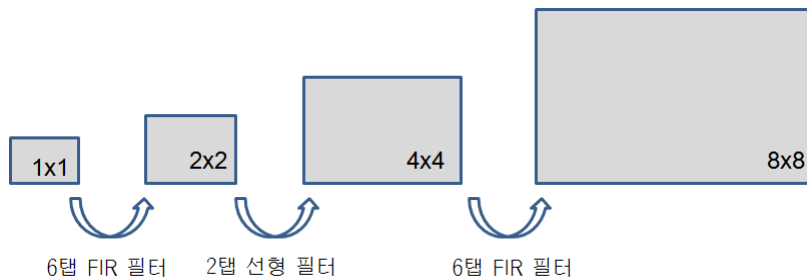


그림 6. 제안하는 색차 보간법의 순서  
Fig 6. The order of proposed chroma interpolation

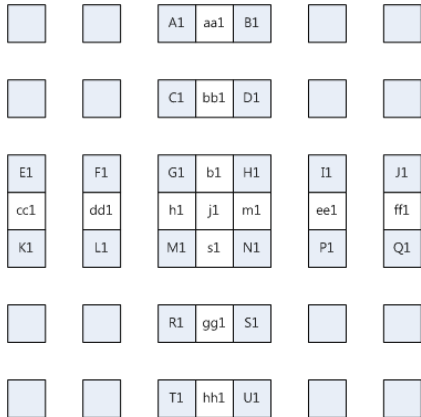


그림 7. 6탭 FIR 필터의 1/2 화소정밀도 화소 위치  
 Fig 7. 1/2 pel subsample position of 6-tap FIR Filter

$$G1 = G \ll 5 \quad (26)$$

$$H1 = H \ll 5 \quad (27)$$

두 개의 정수화소 사이에 위치한 1/2 정밀도 예측 보간 신호의 중간값은 6탭 FIR 필터를 이용하여 생성한다. 이때 shift, 반올림, 클리핑 연산은 수행하지 않는다. 예를 들어 b1, h1 은 아래의 식과 같이 구한다.

$$b1 = E - 5F + 20G + 20H - 5I + J \quad (28)$$

$$h1 = A - 5C + 20G + 20M - 5R + T \quad (29)$$

네 개의 정수화소 신호사이에 위치한 1/2 화소신호는 6 탭 필터링을 수평과 수직 모든 방향에 모두 적용한다. 그림 7의 화소 j1의 생성의 경우, 먼저 1/2 화소정밀도 신호 aa1, bb1, b1, s1, gg1, hh1를 수평방향 6탭 필터링에 의해 얻은 후, 이어서 수직방향으로 6탭 필터링을 적용한다. 이때 2번의 6탭 필터링이 적용되므로 오른쪽으로 5비트 shift 연산을 수행한다.

$$j1 = (aa1 - 5bb1 + 20b1 + 20s1 - 5gg1 + hh1) \gg 5 \quad (30)$$

### 3. 2탭 선형 필터를 이용한 중간값 생성

그림 8은 선형필터의 1/2 화소정밀도 위치를 보여준다.

이미지에 2탭 선형 필터를 적용하여 다시 1/2 화소정밀도의 예측신호의 중간값을 계산한다. 기존의 이미지를 2x2 배로 확대한 중간값 이미지가 생성된다.

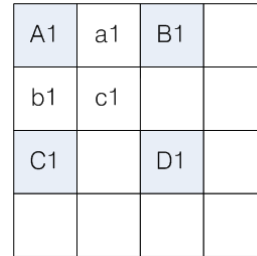


그림 8. 선형필터의 1/2 정밀도 화소의 위치  
 Fig 8. 1/2 pel subsample position of linear Filter

정수 화소 위치의 중간값은 참조픽처의 정수화소를 왼쪽으로 1회 Shift 하여 생성한다. 예를 들어 A1의 값은 아래의 식과 같이 구한다.

$$A1 = A \ll 1 \quad (31)$$

두 개의 정수화소 사이에 위치한 1/2 정밀도 예측 보간 신호의 중간값은 2탭 선형 필터를 이용하여 생성한다. 이때 shift 연산은 수행하지 않는다. 예를 들어 a1, b1 은 아래의 식과 같이 구한다.

$$a1 = A + B \quad (32)$$

$$b1 = A + C \quad (33)$$

네 개의 정수화소 신호사이에 위치한 1/2 정밀도 예측 보간 신호의 중간값은 대각선 방향으로 2탭 선형 필터를 적용하여 생성한다. 이때 shift 연산은 수행하지 않는다. 예를 들어 c1 은 아래의 식과 같이 구한다.

$$c1 = B + C \quad (34)$$

### 4. 1/8 화소정밀도 예측 보간 신호의 생성

- a) 1/2 화소정밀도 - 6탭 FIR 필터를 이용한 중간값 생성. (1x1 => 2x2)

- b) 1/4 화소정밀도 - 2탭 선형 필터를 이용한 중간값 생성.  
(2x2 => 4x4)
- c) 1/8 화소정밀도 - 6탭 FIR 필터를 이용한 중간값 생성.  
(4x4 => 8x8)

위의 작업을 통해 정수 화소 이미지의 8x8 배 확대된 중간값 이미지가 생성된다. 중간값 이미지의 모든 화소에 대해 미루어 두었던 shift, 반올림, 클리핑 연산을 수행하면 색차 신호의 예측 보간 영상이 완성된다.

정밀도를 향상시키기 위해서 미루어 두었던 shift 연산은 아래와 같다.

- 1) 1/2 화소정밀도 - 6탭 FIR 필터 적용후 수행하지 않은 오른쪽 Shift 5회
- 2) 1/4 화소정밀도 - 2탭 선형 필터 적용후 수행하지 않은 오른쪽 Shift 1회
- 3) 1/8 화소정밀도 - 6탭 FIR 필터 적용후 수행하지 않은 오른쪽 Shift 5회

총 11회의 오른쪽 Shift 연산이 필요하다.

Shift, 반올림, 클리핑 연산을 모두 적용한다. 적용식은 아래와 같다.

$$A = clipping((a + 1024) \gg 11) \quad (35)$$

알파벳 대문자 A는 색차신호의 1/8 정밀도 예측 보간 영상의 픽셀이다.

알파벳 소문자 a는 색차신호의 1/8 정밀도 중간값 영상의 픽셀이다.

본 논문에서 제안하는 방법은 기존 H.264/AVC에서 사용된 FIR필터 계수의 low-pass filter의 특징을 유지하면서 고정밀도 필터를 사용하여 에러 값을 감소시키는 필터를 제안한다. 보간 방법의 경우 참조하는 정수화소 값의 위치가 다르고, 참조되는 화소 개수가 다르기 때문에 보간 방법의 성능 분석의 경우 일반적으로 이론적인 분석보다는 실험을 통해 필터의 성능을 분석하고 비교한다. 따라서 본 논문에서는 최대한 제안하는 방법의 성능을 향상시키고, 4장에서 선형 보간 방법과 실험 결과를 비교하였다. 그림 9는 제안된 필터계수가 low-pass filter임을 보여준다.

#### IV. 실험 결과 및 분석

##### 1. 실험 조건

본 절에서는 제안된 고정밀도 6탭 FIR 필터와 2탭 선형 필터를 이용한 색차 보간법의 성능을 평가하기 위하여 제안된 색차보간법과 기존의 색차 보간법을 비교하기 위하여 수행된 실험 환경에 대해 기술한다.

제안된 방법은 H.264/AVC JM(Joint Model)11.0을 기반으로 하는 KTA(Key Technology Area) 2.7<sup>[4]</sup> 참조 소프트웨어를 기반으로 구현하였다. 상세한 실험 조건은 표 1에 나타내었다.

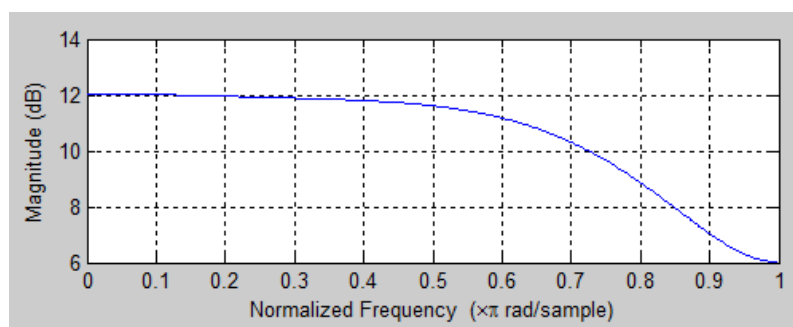


그림 9. 주파수 영역에서의 1/4 화소정밀도 필터 계수  
Fig 9. 1/4 subsample filter coefficients at frequency domain

표 1. 실험 조건

Table 1. Experimental conditions

Reference Software	JM 11.0 kta 2.7
Resolution	1080p (1920x1080) WVGA (832x480) WQVGA (416x240) 720p (1280x720)
GOP Structure	IPPP
Total Encoded Frames	100 frames
Quantization Parameters	I : (22, 27, 32, 37) P : (23, 28, 33, 38)
Image Format	YCbCr 4:2:0 format
UseHPFilter	On

## 2. 율-왜곡 성능 비교

본 절에서는 표 1의 조건으로 제안한 방법과 기존의 방법을 사용하여 실험을 수행한 결과에 대하여 율-왜곡 측면에서 성능을 비교한다.

표 2는 전체 실험 영상들에 대한 비교 실험 결과를 BD-Rate<sup>[5]</sup>를 표로 나타내었다. BD-Rate의 정의는 VCEG-

M33에 문서에 기술되어 있으며, 율-왜곡 곡선상에서 평균 비트의 증가량을 나타낸다. 따라서 BD-Rate 가 음수일 때 부호화 효율이 향상되었다고 할 수 있다. BD-Rate를 비교했을 때 전체 실험영상에서 Y(Luminance)는 평균 0.5%, Cb(Crominance blue)는 평균 6.1% Cr (Crominance red)는 평균 6.9%의 BD-Rate 감소를 가져왔다. YCbCr 별로 최대 BD-Rate 감소는 Y는 PartyScene 영상에서 1.3 %, Cb는 BQTerrace 영상에서 19.8%, Cr은 BQTerrace 영상에서 25.0% 였다. 휘도신호의 예측 보간법에 관한 수정은 없었으나 실험 결과 휘도 신호의 BD-Rate 의 감소를 확인할 수 있었다. 색차신호의 예측 보간 신호의 생성에서 정확도가 향상된 것이 약간이나마 휘도신호의 예측 보간 효율을 향상 시킨 것으로 추정된다. 그림 10, 11, 12는 BQTerrace 영상에 대한 Y, Cb, Cr 대한 율-왜곡 곡선(Rate-Distortion Curves) 을 나타낸다. 그림에서 보면 휘도신호에 대해서는 기존과 거의 똑같은 효율을 보이고 Cb, Cr 에서는 부호화 효율이 향상되는 것을 확인 할 수 있다.

표 2. 실험 결과 (BD-rate)

Table 2. Experimental Result (BD-rate)

Resolution	Sequence	BD-rate		
		Y	U	V
1080p 1920x1080	Kimono	-0.2%	-0.4%	-1.5%
	ParkScene	-1.2%	-7.9%	-7.0%
	Cactus	-0.8%	-2.3%	-5.1%
	BasketballDrive	-0.5%	-6.8%	-6.0%
	BQTerrace	-0.6%	-19.8%	-25.0%
	Average	-0.7%	-7.4%	-8.9%
WVGA 832x480	BasketballDrill	-0.8%	-11.0%	-11.4%
	BQMall	-0.1%	-4.2%	-2.4%
	PartyScene	-1.3%	-9.7%	-10.5%
	RaceHorses	-0.3%	-4.7%	-1.4%
	Average	-0.6%	-7.4%	-6.4%
WQVGA 416x240	BasketballPass	-0.9%	-5.0%	-3.7%
	BQSquare	-0.4%	-11.1%	-18.4%
	BlowingBubbles	-0.7%	-9.2%	-11.2%
	RaceHorses	-0.6%	-3.9%	-1.7%
	Average	-0.7%	-7.3%	-8.8%
720p 1280x720	Vidyo1	-0.3%	-2.7%	-2.1%
	Vidyo3	0.0%	1.0%	-2.5%
	Vidyo4	0.0%	0.4%	-0.9%
	Average	-0.1%	-0.4%	-1.8%
	All	-0.5%	-6.1%	-6.9%



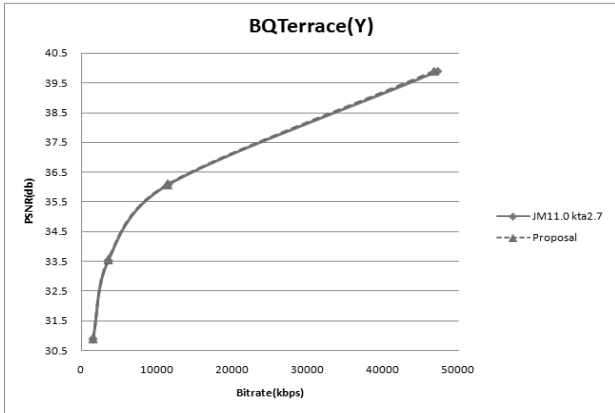


그림 10. BQTerrace 영상의 율-왜곡 비교 곡선 (Y)  
Fig. 10. RD-curve for BQTerrace (Y)

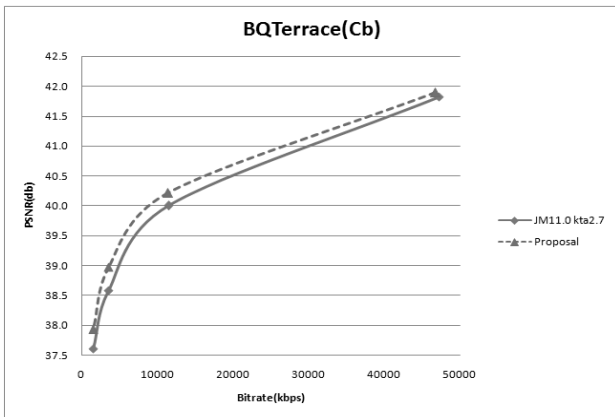


그림 11. BQTerrace 영상의 율-왜곡 비교 곡선 (Cb)  
Fig. 11. RD-curve for BQTerrace (Cb)

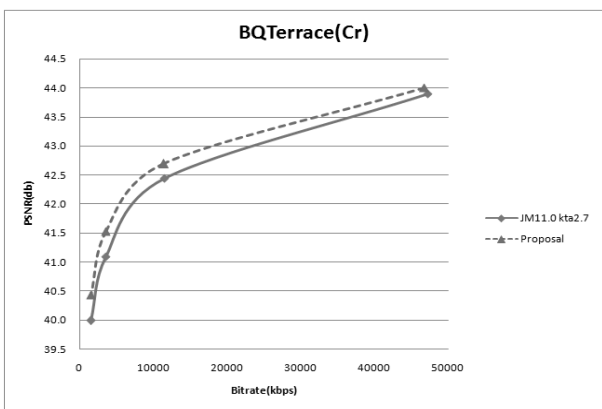


그림 12. BQTerrace 영상의 율-왜곡 비교 곡선 (Cr)  
Fig. 12. RD-curve for BQTerrace (Cr)

기존의 선형 보간 방법은 식 7과 같이 8번의 곱셈 연산과정이 필수적으로 사용된다. 본 논문에서 제안하는 방법은 곱셈 연산과정을 사용하지 않고, shift 연산을 사용함으로써 연산 속도를 개선하였다. 하지만 참조되는 정수화소의 개수가 증가하면서 메모리 참조가 증가하였다. 곱셈 연산과 shift 연산의 비교가 불가능하므로 본 논문에서는 부호화 시간을 측정하여 계산 복잡도를 비교하였다. 다음 표 3은 기존의 선형 보간 방법과 제안하는 필터 보간 방법의 부호화 시간을 비교한 표이다. 부호화 시간은 다음 식과 같이 구하였다.

$$Time = (T_{Proposed} - T_{KTA}) \div T_{KTA} \quad (36)$$

표 3. 부호화 시간

Table 3. Encoding time

Resolution	Sequence	Time
1080p 1920x1080	Kimono	0.02
	ParkScene	0.01
	Cactus	-0.01
	BasketballDrive	0.27
	BQTerrace	0.26
WVGA 832x480	Average	0.11
	BasketballDrill	-0.04
	BQMall	-0.05
	PartyScene	-0.03
	RaceHorses	-0.07
WQVGA 416x240	Average	-0.05
	BasketballPass	0.12
	BQSquare	0.17
	BlowingBubbles	0.21
	RaceHorses	0.16
720p 1280x720	Average	0.17
	Vidyo1	0.00
	Vidyo3	-0.02
	Vidyo4	-0.01
	Average	-0.01
All		0.06

표 3에서 부호화 시간이 평균적으로 6% 증가하는 것을 보아 계산 복잡도가 조금 증가한 것을 볼 수 있다. 하지만 증가한 계산 복잡도에 비해 BD-Rate의 감소율이 더 큰 것을 확인 할 수 있다.

## V. 결 론

본 논문에서는 6탭 FIR 필터와 2탭 선형 필터와 고정밀도 필터를 조합하여 색차신호의 예측 보간에 사용하는 방법을 제안하였다.

기존의 색차신호의 예측 보간 신호의 생성에 사용되는 선형 보간법은 휘도신호의 예측 보간 신호의 생성에 사용되는 6탭 FIR 필터와 2탭 선형 필터의 조합보다 정확한 예측 보간 신호를 생성하지 못했다. 제안하는 방법은 색차 신호의 예측 보간에 6탭 FIR 필터와 2탭 선형 필터와 고정밀도 필터를 조합하여 사용하였다.

실험 결과, 제안하는 방법은 jm11.0kta2.7과 비교하여 PSNR의 감소없이 BD-Rate의 감소를 확인하였다. Y는 최대 1.3%, Cb는 최대 19.8%, Cr은 최대 25.0%의 BD-Rate의 감소를 확인 할 수 있었다. 평균적으로 Y는 0.5%, Cb는 6.1%, Cr는 6.9%의 BD-Rate의 감소를 확인하였다. BD-Rate의 감소가 많은 BQTerrace 영상과 감소가 적은 Vidyo4 영상을 비교하면 BQTerrace 영상에서 많은 움직임과 다양한 색깔의 변화를 볼 수 있었다. 따라서 제안된 방법은 움직임과 색깔의 변화가 큰 영상에서의 BD-Rate 감소 효과가 더 큰 것으로 보인다.

본 논문에서 제안하는 방법은 주관적 화질의 성능을 향상시키기 위해 제안된 방법이 아니므로 눈에 보이는 화질의 성능향상을 찾기 어렵다. 하지만 BD-Rate의 성능 비교

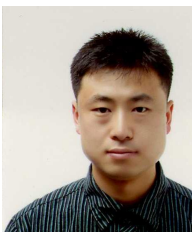
를 통해 동일 PSNR에서 Bit-rate를 감소하여 압축율을 향상시키는 것을 볼 수 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] ITU-T Recommendation H.264 and ISO/IEC 14496-10, "Advanced video coding for generic audiovisual services", May 2003.
- [2] Thomas Wiegand, Gary J. Sullivan, Gisle Bjntegaard, and Ajay Luthra, "Overview of the H.264/AVC video coding standard", IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., pp. 560-576, July 2003
- [3] Yan Ye, Peisong Chen and Marta Karczewicz, "High Precision Interpolation and Prediction", ISO/IEC MPEG & ITU-T VCEG, VCEG-AI33, Berlin, Germany, 16-18 July, 2008.
- [4] <http://iphome.hhi.de/suehring/tml/download/KTA/>
- [5] G.Bjontegaard, Calculation of average PSNR differences between RD-curves, ITU-T Q.6/SG16 VCEG, 15th Meeting, VCEG-M33, Austin, Texas, USA, 2-4 April, 2001.
- [6] "H.264 and MPEG-4 Video Compression - Video Coding for Next-generation Multimedia" Iain E. G. Richardson, The Robert Gordon University, Aberdeen, UK
- [7] T. Chujoh, R. Noda, "Internal bit depth increase for coding efficiency", ITU-T SG16 Q.6 Document, VCEG-AE13, Marrakech, Jan, 2007.
- [8] T. Chujoh, R. Noda, "Internal bit depth increase except frame memory", ITU-T SG16 Q.6 Document, VCEG-AF07, San Jose, April, 2007.
- [9] Gisle Bjontegarrd, "Calculation of Average PSNR Differences between RD curves", ITU-T SC16/Q6, 13th VCEG Meeting, Austin, Texas, USA, Apr. 2001.
- [10] Dmytro Rusanovskyy, Kemal Ugur, Antti Hallapuro, Jani Lainema, and Moncef Gabbouj. "Video Coding With Low-Complexity Directional Adaptive Interpolation Filters", IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 19, no. 8, pp. 1239-1243 August 2009.

---

## 저 자 소 개



문 경 수

- 2002년 2월 : 전남대학교 컴퓨터공학과 (학사)
- 2012년 2월 : 세종대학교 컴퓨터공학과 (석사)
- 현재 : 셀론(주) 연구원
- 주관심분야 : 영상압축, H.264/AVC, HEVC

---

저 자 소 개

---



김 정 필

- 2010년 2월 : 세종대학교 컴퓨터공학과 (학사)
- 2012년 2월 : 세종대학교 컴퓨터공학과 (석사)
- 현재 : 픽스트리(주) 연구원
- 주관심분야 : 영상압축, H.264/AVC, HEVC



이 영 렬

- 1985년 2월 : 서강대학교 전자공학과 (학사)
- 1987년 2월 : 서강대학교 전자공학과 (석사)
- 1999년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (박사)
- 1987년 1월 ~ 1994년 2월 : 삼성전자 중앙연구소 DMS Lab. 선임연구원
- 1999년 3월 ~ 2001년 8월 : 삼성전자 중앙연구소 DMS Lab. 수석연구원
- 2001년 9월 ~ 현재 : 세종대학교 컴퓨터공학부 컴퓨터공학과 교수
- 주관심분야 : 영상처리(압축, 복원), 영상전송, 멀티미디어 시스템, 3차원 비디오코딩, 트랜스코딩, Scalable 비디오 코딩