

논문 2010-47SP-5-19

# 저 복잡도 보간 필터 뱅크 기반의 새로운 비디오 압축 방법

## ( New Video Compression Method based on Low-complexity Interpolation Filter-bank )

남 정 학\*, 조 현 호\*, 심 동 규\*\*, 최 병 두\*\*\*, 조 대 성\*\*\*

( Jung-Hak Nam, Hyun-Ho Jo, Dong-Gyu Sim, Byeong-Doo Choi, and Dae-Sung Cho )

### 요 약

H.264/AVC 표준은 이전의 압축 표준들에 비하여 높은 부호화 성능을 얻었지만 코덱의 복잡도도 동시에 증가하였다. 또한 최근에 VCEG에서 개발 중인 KTA 소프트웨어의 다양한 기술들은 코덱의 복잡도를 더욱 가중시키고 있다. 특히, 움직임 보상을 위한 적응적 보간 필터 기술은 부호화 효율에만 초점을 두고 개발되었기 때문에 표준 필터에 비하여 2배 이상 높은 복잡도를 가진다. 이에 본 논문에서는 부호화 성능 및 복호화 속도를 향상하는 저 복잡도의 보간 필터 뱅크를 제안하였다. 부호화 효율을 위한 적응적 보간 필터와 저 복잡도 복호화를 위한 고정된 단순 필터를 필터 뱅크로 구성하고, 매크로블록 단위 또는 프레임 단위로 최적의 보간 필터를 선택하여 움직임 보상 수행하였다. 실험 결과, 제안한 방법이 KTA에서 제안되었던 적응적 보간 필터 대비 유사한 부호화 효율을 가지며, 디코더 전체 속도의 약 12% 감소를 얻었다.

### Abstract

The H.264/AVC standard obtained better performance than previous compression standards, but it also increased the computational complexity of CODEC simultaneously. Various techniques recently included at the KTA software developed by VCEG also were increasing its complexity. Especially adaptive interpolation filter has more complexity than two times due to development for coding efficiency. In this paper, we propose low-complexity filter bank to improve speed up of decoding and coding gain. We consists of filter bank of a fixed-simple filter for low-complexity and adaptive interpolation filter for high coding efficiency. Then we compensated using optimal filter at each macroblock-level or frame-level. Experimental results shows a similar coding efficiency compared to existing adaptive interpolation filter and decoding speed of approximately 12% of the entire decoder gained.

**Keywords :** H.264/AVC, AIF, decoder complexity, filter bank

## I. 서 론

H.264/AVC는 최신의 비디오 압축 표준으로 ITU-T

의 Video Coding Expert Group (VCEG)과 ISO/IEC의 Moving Picture Expert Group (MPEG)에서 공동으로 개발하였으며, 이전의 압축 표준에 비하여 2배 이상의 높은 압축률을 가진다.<sup>[1]</sup> 하지만 최근에 HD급이나 UD 급과 같은 고해상도 영상, 3DTV, 또는 자유 시점 TV와 같은 다시점 영상에 대한 수요가 늘어감에 따라, 점점 더 높은 압축 성능이 필요하게 되었다. 이에 ITU-T의 VCEG과 ISO/IEC의 MPEG에서는 새로운 비디오 압축 표준을 제정하기 위하여 유망한 압축 기술들을 개발하고 있다. 특히, VCEG에서는 Key Technology Area (KTA)라 불리는 참조 소프트웨어를 통하여, 지금까지 기고된 우수한 기술 들을 유지 관리하고 있다. 구체적인

\* 학생회원, \*\* 정회원, 광운대학교 컴퓨터공학과  
(Dept. of Computer Engineering, Kwangwoon University)

\*\*\* 정회원, 삼성전자(주)  
(Samsung Electronics)

※ 이 논문은 삼성전자(주)의 지원을 통하여 이루어졌음

※ 이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2010-0015552)

접수일자: 2009년12월9일, 수정완료일: 2010년5월20일

로 KTA 소프트웨어는 움직임 벡터 경쟁 (MVC), 적응적인 양자화 매트릭스 선택 (AQMS), 적응적인 보간 필터 (AIF), 블록 기반 적응적인 루프 필터 (BALF), 인트라 방향에 따른 변환부호화 (MDDT), 적응적인 공간 영역 변환 부호화 (AQMS) 등의 기술 들을 통하여 많은 부호화 효율을 얻었다.<sup>[2~6]</sup> 하지만, 이러한 기술들은 부호화 효율의 관점에서 개발되었기 때문에, 복잡도가 매우 높은 단점이 있다. 또한, 비디오 콘텐츠들이 고화질, 고해상도의 방향으로 발전해 나가고 있기 때문에, 복잡도는 기하급수적으로 더 늘어나고 있다. 본 논문에서는 KTA 기술에 포함된 다양한 최신 기술 중에 적응적인 보간 필터의 복잡도를 분석하여 부호화 효율을 유지하면서 복잡도를 낮추는 방법을 소개한다.

움직임 보상은 이전에 복호화된 영상으로부터 현재 영상과 가장 유사한 블록을 참조 영상으로 사용하는 것으로, 비디오 압축의 가장 기본적인 모듈이다. 이전의 다른 압축 표준들과 달리 H.264/AVC 압축 표준에서는 1/4 정밀도의 움직임 보상을 사용하여 부호화 효율을 크게 높였다. H.264/AVC 표준에서 1/4 정밀도의 움직임 보상은 고정된 6-탭 필터를 사용한 영상 보간을 통하여 얻을 수 있다. 반면, KTA 기술은 더 정확한 움직임 보상을 위해서 이전에 복호화된 참조 영상과 현재 부호화 하는 영상간의 에러를 가장 적게 만드는 적응적 필터를 구하고, 이를 참조 영상에 적용하는 적응적 움직임 보상 방법을 사용하고 있다. KTA에는 다양한 적응적 움직임 보상 방법들이 사용되고 있으며, 이를 통하여 높은 부호화 효율을 얻었으나 복잡도는 크게 증가하게 되었다. 일반적으로 고정된 필터에 비하여 적응적인 필터를 적용하는 경우에 부호화 성능을 얻을 수 있지만 일부 영상에 대해서는 적응적인 필터를 사용하지 않고서도 부호화 효율을 충분히 유지할 수 있다. 즉, 움직임이 많지 않은 영상에 대해서는 계산량이 적은 필터를 사용하여도 부호화 성능이 크게 저하되지 않을 것이다. 이에 본 논문에서는 필터 뱅크를 기반으로 적응적인 보간 필터와 단순한 고정 필터를 선택적으로 사용하여 부호화 효율을 유지하면서도 복잡도를 낮추는 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 기존의 H.264/AVC 표준 보간 필터와 적응적 보간 필터에 대해서 알아보고, III장에서 제안하는 필터 뱅크 기반의 저 복잡도 보간 필터를 소개한다. IV장에서는 실험 결과를 분석하며, V장에서 결론을 맺는다.

## II. 기존의 연구

### 1. H.264/AVC 표준 보간 필터

앞서 소개한 바와 같이, H.264/AVC 표준에서는 이전의 압축 표준들보다 더 정밀한 예측 값을 만들기 위하여 이전의 복호화된 영상을 4배 보간 하여 움직임 예측을 수행한다.<sup>[7~8]</sup> 이 때, 1/2 정밀도의 움직임 보간은 고정된 6-탭 필터를 사용하며, 1/4 정밀도의 움직임 보간은 쌍일차 (Bilinear) 보간 필터를 사용하여 얻는다.

그림 1은 영상 보간에 필요한 6x6 크기의 정수 화소와 영상 보간이 수행되는 부화소의 위치를 보여준다. 대문자로 표시된 A1~F6 까지의 위치는 정수 화소를 나타내며, C3 위치는 현재 부화소를 보간 하려는 정수 화소 위치이다. 소문자 a~o 까지 15개의 위치는 현재 정수 화소에 대한 보간을 수행할 부화소의 위치이다. aa~jj까지의 부화소 위치는 각 위치에 해당하는 수평 또는 수직 방향으로 6-탭 필터(-1, 5, 20, 20, -5, -1)를 적용하여 얻은 값이며, 스케일 값을 적용하기 전의 값이다. 6-탭 필터를 적용한 이후에는 5 비트 오른쪽 시프트의 스케일이 적용된다. 먼저, 1/2 부화소 위치인 b, h, j는 식 (1)~(3)에 의해서 보간된다.

j 위치에 사용된 b'은 X(b)의 값에 스케일 값을 적용하기 전의 값이다. 이는 j 위치의 부호화 계산시의 계산의 정밀도를 높이기 위함이다.

$$X(b) = (C1 - 5 \times C2 + 20 \times C3 + 20 \times C4 - 5 \times C5 + C6 + 16) \gg 5 \quad (1)$$

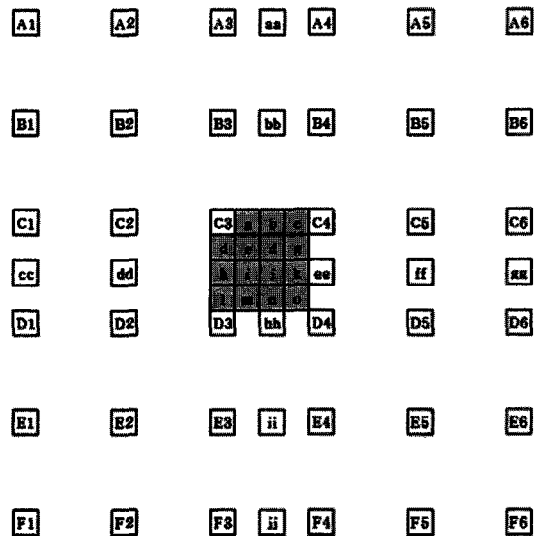


그림 1. 영상 보간을 위한 정수 화소와 부화소의 위치  
Fig. 1. Position of integer-pixels and sub-pixels for the interpolation.

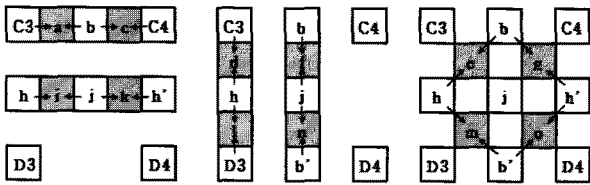


그림 2. 부화소 보간 방법  
Fig. 2. Method of sub-pixel interpolation.

$$X(h) = (A3 - 5 \times B3 + 20 \times C3 + 20 \times D3 - 5 \times E3 + F3 + 16) \gg 5 \quad (2)$$

$$X(j) = (aa - 5 \times bb + 20 \times b' + 20 \times hh - 5 \times ii + jj + 512) \gg 10 \quad (3)$$

1/4 부화소는 1/2 부화소의 값을 이용하여 쌍일차 보간법을 통하여 얻을 수 있다. 그림 2는 각 부화소의 계산에 사용되는 정수 화소와 1/2 부화소의 위치를 보여 준다.

2. 기존의 적응적 보간 필터

H.264/AVC의 표준 보간 필터는 고정된 필터를 가지기 때문에 영상의 특성을 고려할 수 없으며, 블러링된 영상과 같이 보간 과정에서 앨리어싱 (Aliasing)이 발생하는 경우에는 움직임 예측과 움직임 보상의 성능이 좋지 않다고 알려져 있다.<sup>[9]</sup> 이러한 문제점을 해결하기 위해서 영상의 각 프레임 당 최적의 보간 필터를 적응적으로 구하여 움직임 예측과 보상을 수행하는 많은 연구들이 진행되었다. 적응적인 보간 필터는 현재 영상과 복원된 참조 영상 사이에 에러를 최소화하는 위너 필터 (Wiener filter) 계수를 구한다. 즉, 식 (4)와 같이 현재 영상과 참조 영상 간의 에러를 최소화하는 필터를 구하는 것이다.  $S$ 와  $R$ 는 각각 현재 영상과 복원 영상을 나타내고,  $F$ 는 적응적 필터를 의미한다.  $(x, y)$ 와  $(i, j)$ 는 각각 영상과 필터의 위치 인덱스를 나타낸다.

$$E^2 = \sum_x \sum_y (S_{x,y} - \sum_i \sum_j F_{i,j} R_{x+i,y+j})^2 \quad (4)$$

VCEG 표준화 단체에 기술 기고되어 KTA 기술에 포함된 적응적 보간 필터 기술로는 2D-비분리 적응적 보간 필터 (2D non-separable AIF), 분리 적응적 보간 필터 (Separable AIF), 방향성 적응적 보간 필터 (Directional AIF), 향상된 적응 보간 필터 (Enhanced AIF) 등이 있다. 최근에는 향상된 방향성 보간 필터 (Enhanced directional AIF) 기술도 KTA 소프트웨어에

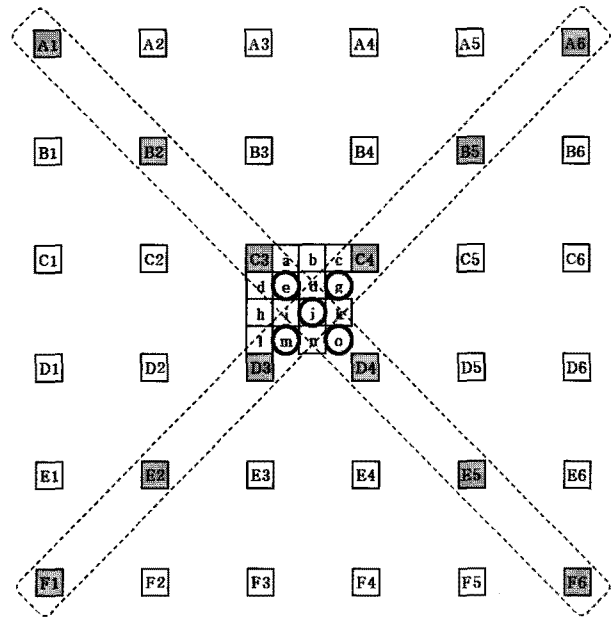
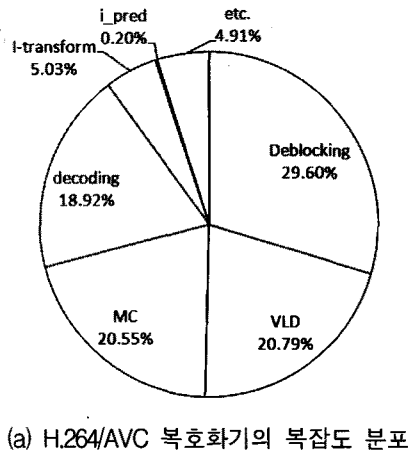


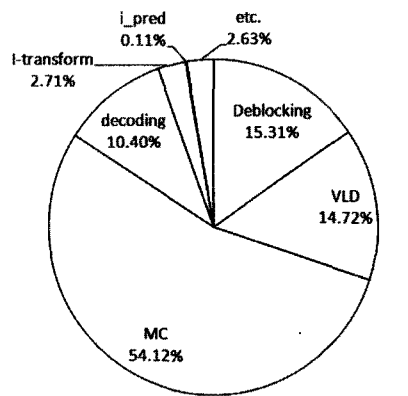
그림 3. 방향성 기반의 적응적 보간 필터 방법  
Fig. 3. Adaptive interpolation filter based on directions.

포함되었다.<sup>[10~16]</sup>

2D-비분리 적응적 보간 필터는 2D 6x6탭 필터 9개와 1D 6-탭 필터 6개로 구성된 적응적 보간 필터를 사용하는 방법으로 H.264/AVC의 베이스라인 프로파일 조건에서 약 1 dB의 성능을 보인다.<sup>[10]</sup> 하지만, 필터 계수를 계산하기 위한 인코더와 디코더의 계산량이 2배 이상 증가하는 문제점이 있다. 이러한 계산량 문제를 해결하기 위하여 분리 적응적 보간 필터가 개발되었다.<sup>[11]</sup> 분리 적응적 보간 필터는 각 부화소에 대한 필터를 1D 6-탭을 사용하여 이전 필터에 비하여 계산량을 30% 이상 감소시켰다. 다른 적응적 보간 필터로 방향성 적응적 보간 필터는 그림 3과 같이 필터 계수를 구할 때, 수평, 수직 방향이외에도 대각선의 방향의 필터를 고려하여 부호화 성능을 높이고자 하였다.<sup>[12]</sup> 즉, 부화소  $e$ 와  $o$ 는  $A1, B2, C3, D4, E5, F6$ 의 정수 화소를 이용하여 영상 보간을 수행하고, 부화소  $g$ 와  $m$ 은  $A6, B5, C4, D3, E2, F1$ 의 정수 화소를 사용하여 영상을 보간 한다. 방향성 적응적 보간 필터는 이전의 분리 적응적 보간 필터보다도 연산량을 약 50%정도 낮추면서도 성능을 비슷하게 유지시키는 보간 방법이다. 이 보간 필터를 발전시킨 향상된 방향성 보간 필터는 정수 위치에 대해서도 필터를 적용하며, 정수 화소와 각 부화소 위치에 대해서 DC 오프셋을 적용하여 높은 부호화 성능을 얻을 수 있었다. 마지막으로 향상된 적응 보간 필터는 최고의 성능을 보인다고 알려진 보간 필터이



(a) H.264/AVC 복호화기의 복잡도 분포



(b) KTA의 적응적 보간 필터를 사용하는 복호화기의 복잡도 분포

그림 4. 복호화기 각 모듈의 복잡도 분포  
Fig. 4. Distribution of complexity of the decoder.

다.<sup>[15]</sup> 이 필터는 이전의 적응 필터들이 36개의 주변 화소 값을 사용한 것과 달리, 현재 화소에 가까이 있는 단지 12개의 화소만을 사용하여 필터 계수를 구한다. 이전과 다른 주파수 특성을 고려하여 부호화 효율을 향상시켰으나 계산량이 많다는 단점이 있다.

그림 4는 H.264/AVC의 복잡도와 KTA의 적응적인 보간 필터를 사용하는 경우에 대한 복호화 시간의 비율을 각각 보여준다.<sup>[17]</sup> 실험 조건은 본 논문의 실험 조건인 표 3과 동일하다. 그림 4(a)와 같이 H.264/AVC의 경우에는 움직임 보상 20.55%, 디블록킹 필터 29.60%, 비트파싱 20.79%, 복호화 단계 18.92%, 역변환부호화 5.03%, 인트라 예측 0.20%, 기타 4.91% 등의 비율을 차지하고 있다. 반면, 그림 4(b)의 KTA 소프트웨어에서 적응적인 보간 필터를 사용하는 경우, 움직임 보상의 복잡도가 54.12%로 보간 필터가 차지하는 비중이 디코더 전체에서 크게 증가된다. 이는 H.264/AVC의 표준 보간 필터와 달리 적응적인 보간 필터에서는 부동 소수

표 1. 적응적 보간 필터의 복호화 성능  
Table 1. Decoding performance of adaptive interpolation filter.

영상	QP 22	27	32	37	평균(%)
BigShips	83.58	89.73	85.02	68.63	81.74
City_corr	70.53	90.56	106.07	107.17	93.58
Crew	54.52	69.49	74.53	81.45	70.00
Night	57.75	72.61	85.59	91.31	76.82
Raven	68.69	81.60	68.68	59.19	69.54
Jets	45.77	42.90	47.85	40.83	44.34
평균(%)					72.67

점 연산을 사용하여 움직임 보상에 대한 연산량이 크게 늘어나기 때문이다. 또한, 정수 화소에 대해서도 필터링을 적용하기 때문에 움직임 보상의 복잡도가 증가한다.

표 1은 ATS (Average time saving) 관점에서 H.264/AVC와 적응적 보간 필터를 사용하는 KTA 소프트웨어의 복호화 성능을 비교한 것이다. ATS는 식 (5)와 같이 계산된다.

$$ATS(\%) = \frac{\text{테스트 시간} - \text{기준 시간}}{\text{기준 시간}} \times 100 \quad (5)$$

식 (5)에서 기준 시간은 H.264/AVC의 참조 소프트웨어의 복호화 시간이며, 테스트 시간은 적응적 보간 필터를 사용하는 KTA 소프트웨어의 복호화 시간이다.

표 1에서 보는 바와 같이, 적응적인 보간 필터를 사용하는 경우 참조 소프트웨어의 복호화 시간에 비하여 평균 72.7% 정도 오래 걸린다. 즉, 적응적인 보간 필터의 복잡도 개선이 필요하다.

### III. 제안하는 저복잡도 보간 필터

본 논문에서는 부호화 효율도 높이고 복잡도도 낮출 수 있는 필터 뱅크 기반의 보간 필터 방법을 제안한다. 즉, 부호화 효율을 위한 적응적 보간 필터와 저 복잡도를 위한 고정 보간 필터를 필터 뱅크로 구성하여 매크로블록 단위 또는 프레임 단위로 최적의 보간 필터를 선택한다. 그림 5는 제안하는 필터 뱅크 기반의 보간 필터 부호화기의 블록도를 보여준다. 필터 뱅크 기반의 보간 필터 부호화기는 움직임 예측을 수행하기 전에 필터 뱅크를 사용하여 참조 영상을 보간하며, 제안하는

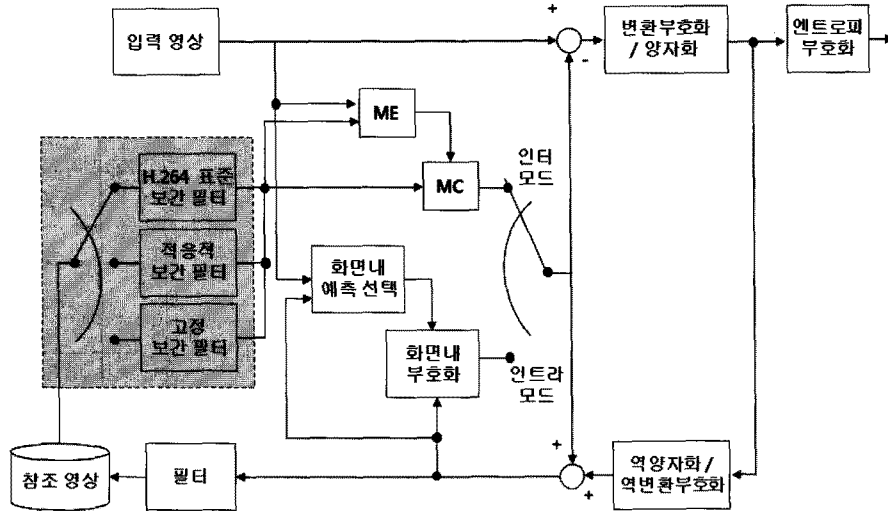


그림 5. 필터 बैं크 기반의 제안하는 부호화기 블록도  
 Fig. 5. Block diagram of the proposed encoder based on a filter bank.

필터 बैं크는 세 가지의 보간 필터로 구성된다.

첫 번째로는 H.264/AVC 표준 보간 필터를 그대로 사용한다. 표준 보간 필터를 사용함으로써, 기존의 부호화 성능을 유지할 수 있으며, 적응적인 보간 필터를 구할 때 필요한 사전 부호화 단계에 사용된다. 두 번째로는 앞 장에서 언급한 현재 영상과 참조 영상간의 에러의 크기를 최소화 하는 적응적인 보간 필터를 사용한다. 영상에 움직임이 많거나 블러링이 많이 포함되어 있는 경우, 적응적 보간 필터는 기존의 6-탭 필터보다 좋은 부호화 성능을 얻을 수 있다. 마지막으로 고정된 보간 필터를 사용한다. 움직임이 예측이 잘되는 영상이나 움직임이 거의 없는 배경 부분에 대해서는 많은 계산량을 가지는 적응적인 보간 필터 대신 간단한 보간 필터를 사용해도 성능에는 큰 차이가 없다. 그림 6은

본 논문에서 사용하는 고정 단순 필터의 구성을 보여 준다.

그림 6과 같이, 부화소  $a, b, c$  위치는 수평 방향의 보간 필터가 사용되고, 부화소  $d, h, l$  위치는 수직 방향의 보간 필터가 사용된다. 필터에 사용되는 화소와 필터 계수는 식(6)~식(11)과 같다.  $b$ 와  $h$  위치의 부화소는 4-탭의 보간 필터를 사용하며,  $a, c, d, l$  위치의 부화소는 정수 화소와  $1/2$  위치의 부화소를 이용한 쌍일차 보간 필터를 사용한다.

$$X(a) = (3 \times B2 + B3 + 2) \gg 2 \quad (6)$$

$$X(b) = (B1 + 3 \times B2 + 3 \times B3 + B4 + 4) \gg 3 \quad (7)$$

$$X(c) = (B2 + 3 \times B3 + 2) \gg 2 \quad (8)$$

$$X(d) = (3 \times B2 + C2 + 2) \gg 2 \quad (9)$$

$$X(h) = (A2 + 3 \times B2 + 3 \times C2 + D2 + 4) \gg 3 \quad (10)$$

$$X(l) = (B2 + 3 \times C2 + 2) \gg 2 \quad (11)$$

부화소  $e, g, m, o, j$  위치는 대각선 방향의 보간 필터가 사용된다. 각 부화소의 위치는 식 (12)~식(16)에 의해서 계산된다.

$$X(e) = (3 \times A1 + 7 \times B2 + 5 \times C3 + D4 + 8) \gg 4 \quad (12)$$

$$X(g) = (3 \times A4 + 7 \times B3 + 5 \times C2 + D1 + 8) \gg 4 \quad (13)$$

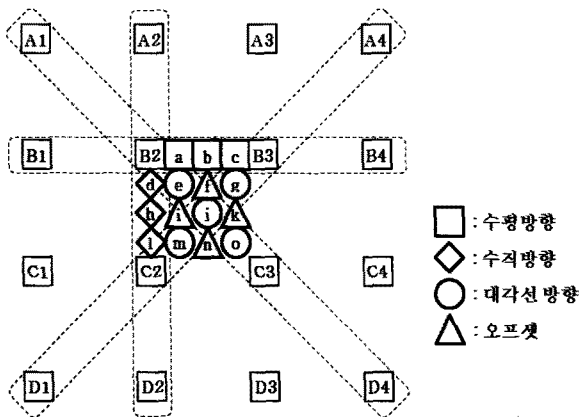


그림 6. 제안하는 고정 보간 필터  
 Fig. 6. The proposed fixed interpolation filter.

$$X(m) = (3 \times D1 + 7 \times C2 + 5 \times B3 + A4 + 8) \gg 4 \quad (14)$$

$$X(o) = (3 \times D4 + 7 \times C3 + 5 \times B2 + A1 + 8) \gg 4 \quad (15)$$

$$X(j) = ((A1 + 3 \times B2 + 3 \times C3 + D4) + (D1 + 3 \times C2 + 3 \times B3 + A4) + 8) \gg 4 \quad (16)$$

나머지 부화소인  $f, i, k, n$  위치에 대해서는 정수 화소에 대한 DC 값을 보정하기 위한 오프셋으로 사용한다. 각 부화소 위치에 따른 보간은 식 (17)~식(20)과 같다.

$$X(f) = B2 + 1 \quad (17)$$

$$X(i) = B2 - 1 \quad (18)$$

$$X(k) = B2 + 2 \quad (19)$$

$$X(n) = B2 - 2 \quad (20)$$

식 (17)~(20)는 AIF 기술에서 사용하고 있는 DC 오프셋의 개념을 보간 필터에서 포함하여 부가적인 정보 없이 움직임 벡터 값만을 이용하여 밝기 값을 보정할 수 있다. 또한 이 위치의 부화소는 보간을 위해 단순한 가감만을 이용하므로 연산량을 크게 줄일 수 있다.

그림 7은 제안하는 필터 뱅크 기반 부호화 방법의 순서도를 보여준다. 첫 번째 단계로, H.264/AVC의 보간 필터를 이용하여 움직임 예측과 움직임 보상을 수행하여, 움직임 벡터가 나타내는 부화소의 위치에 따라 적응적인 보간 필터를 생성한다. 두 번째 부호화 단계에서는 앞에서 생성한 적응적인 보간 필터와 단순히 설계된 고정 필터를 이용하여 매크로블록 단위로 각각 수행하여 부호화 비용(cost) 함수를 구한다. 부호화 비용 함수는 각각의 부호화 방법에 대해 비트율-왜곡 관점(Rate-distortion optimization)에서의 비용을 의미하며, 식 (21)~(22)의 의해서 계산된다.

$$C_1 = R_F \times \lambda + D_F \quad (21)$$

$$C_2 = R_A \times \lambda + D_A \quad (22)$$

$C_1$ 은 고정된 보간 필터를 사용하는 경우의 비용이고,  $C_2$ 는 적응적인 보간 필터를 사용하는 경우의 비용을 나타낸다.  $R_F$ 와  $D_F$ 는 매크로블록을 고정 필터를 이용하여 부호화한 경우에 대한 비트율과 왜곡을 나타낸다.  $R_A$ 와  $D_A$ 는 매크로블록을 적응적 필터를 이용하여 부호

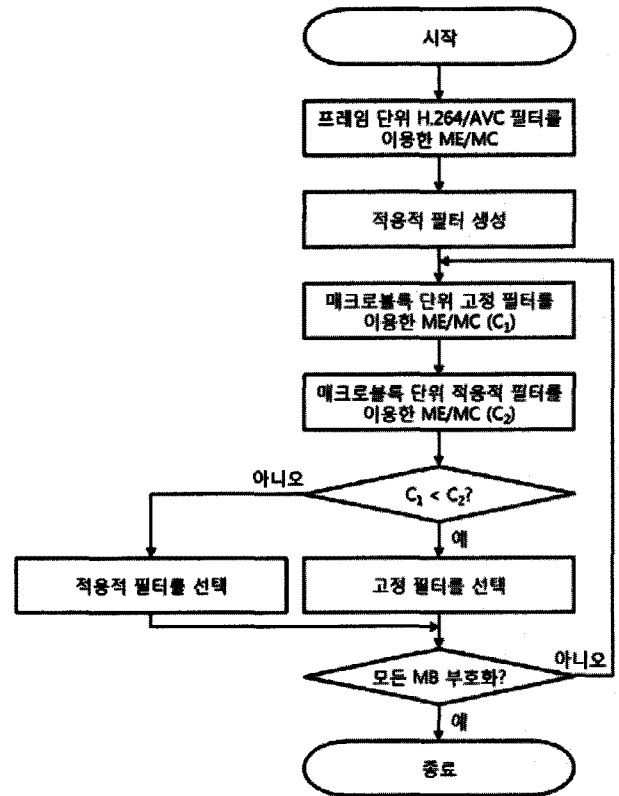


그림 7. 제안하는 필터 뱅크 기반 부호화 방법의 순서도  
 Fig. 7. Flow-chart of encoding method based proposed filter bank.

화한 경우에 대한 비트율과 왜곡을 나타낸다. 여기서 비트율은 매크로블록을 부호화할 때, 실제로 사용된 비트량을 의미하며, 왜곡은 필터 뱅크를 이용하여 부호화하여 복원한 영상과 원본 영상과의 SSD 값을 의미한다.  $\lambda$ 는 모드 선택을 위한 라그랑지안(Lagrangian) 상수 값으로 두 가지 방법에 대해서 공통으로 사용한다. 즉,  $C_1$ 인 작은 경우에는 최적인 보간 필터로 고정 필터를 사용하고,  $C_2$ 가 작은 경우에는 최적인 보간 필터로 적응적 필터를 사용한다. 비트율-왜곡 관점의 최적화 방법은 부호화기에서 적응적 필터와 고정 필터에 대해 각각 부호화를 수행하기 때문에 인코더의 복잡도는 증가하게 된다. 일반적으로 인코더는 고성능 플랫폼의 사용이 가능하며, 많은 응용에서 인코더의 복잡도보다 디코더의 복잡도가 더 중요하게 고려된다.

표 2는 제안하는 필터 뱅크를 위해 변경된 구문 정보이다. 표 2의 aif\_frame\_flag는 슬라이스 헤더에 들어가는 1 비트 구문 정보이며, 제안하는 매크로블록 단위의 필터 뱅크 선택의 효율이 좋지 않은 프레임에 대해서는 기존의 성능을 유지할 수 있도록 프레임 단위에서 필터

표 2. 추가되는 구문 정보  
Table 2. Proposed syntax.

구문 정보	비트수
slice_header() { aif_frame_flag if( aif_frame_flag ) aif_bank_frame_flag } macroblock_layer() { if( !aif_frame_flag && !IS_INTRA(CurrMB) && !(CurrMB->mb_type==SKIP) ) aif_bank_flag } }	1  1  1

뱅크 사용 유무를 결정한다. aif\_frame\_flag의 값이 1인 경우에는 aif\_bank\_frame\_flag 구문 정보를 이용하여 프레임 단위에서 적응적 보간 필터인지 고정 보간 필터인지 필터 뱅크를 결정한다. aif\_frame\_flag의 값이 1인 경우에는 각 매크로블록 별로 선택된 최적의 보간 필터 선택 정보를 aif\_bank\_flag 구문 정보를 이용해서 보내 준다. 단, 인트라 매크로블록과 skip 매크로블록에는 aif\_bank\_flag 구문을 삽입하지 않으며, skip 매크로블록에 대해서는 항상 적응적 보간 필터를 이용하여 보간을 수행한다. aif\_bank\_frame\_flag와 aif\_bank\_flag의 값 1인 경우는 적응적 보간 필터를 사용을 의미하며, 값이 0인 경우에는 고정 보간 필터를 사용을 의미한다.

#### IV. 실험 결과

본 논문에서는 제안하는 필터 뱅크 기반의 저 복잡도 복호화기의 성능을 평가하기 위하여 KTA.2.2 소프트웨어에 제안하는 방법을 구현하였다. 실험 영상은 표준화 단체에서 권고하는 HD급 영상 6개를 사용하였으며, High 프로파일 환경에서 실험하였다.<sup>[18]</sup> 자세한 실험 조건은 표 3과 같다.

본 논문에서는 제안하는 필터 뱅크의 부호화 성능과 복호화 속도를 평가하기 위해서 KTA 기술의 적응적 보간 필터인 E-DAIF 부호화기와 비교하였다. E-DAIF 부호화기는 먼저 H.264/AVC의 보간 필터를 이용하여 움직임 예측과 움직임 보상을 수행하고, 이를 바탕으로 구한 적응적 보간 필터를 이용하여 부호화한다. 본 논문에서 제안하는 부호화기도 E-DAIF와 유사하게 먼저

표 3. 실험 조건  
Table 3. Experimental condition.

파라미터	설정 값
QP	I=22, 27, 32, 37, P=I+1
GOP 구조	IPPP 구조
프레임 수	30장
RDO	켜기
8x8 변환	켜기
엔트로피 부호화	CABAC
RDO-Q	끄기
Adaptive rounding	켜기

표 4. 매크로블록 단위 적응적 보간 필터 선택 비율  
Table 4. Selection ratio of adaptive interpolation filter per a macroblock.

영상 \ QP	22	27	32	37	평균(%)
BigShips	100.0	93.1	34.5	37.9	66.4
City_corr	75.9	48.3	27.6	24.1	44.0
Crew	82.8	69.0	72.4	51.7	69.0
Night	100.0	100.0	93.1	86.2	94.8
Raven	79.3	65.5	51.7	37.9	58.6
Jets	96.6	79.3	51.7	55.2	70.7
평균(%)					67.2

H.264/AVC의 보간 필터를 이용하여 움직임 예측과 움직임 보상을 수행하고, 이를 바탕으로 적응적 보간 필터를 구한다. 그 다음 매크로블록 단위로 적응적 보간 필터와 고정된 보간 필터 중 최적의 필터를 선택적으로 사용한다.

제안하는 필터 뱅크 기반의 부호화기는 프레임 단위에서 필터 뱅크를 사용할지 매크로블록 단위에서 필터 뱅크를 사용할지 선택할 수 있다. 영상에 움직임이 많이 포함되어 움직임 예측이 잘되지 않거나 블러링이 심한 영상의 경우 대부분의 블록이 적응적 보간 필터가 선택된다. 반대로 움직임이 많지 않은 영상에 대해서는 고정 보간 필터가 대부분 선택될 수 있다. 이러한 경우에는 프레임 단위로 필터 뱅크를 선택하여 매크로블록 단위의 필터 선택에 드는 추가 비트를 줄일 수 있다.

표 4는 프레임 단위의 적응적 보간 필터의 사용인지

표 5. 고정 필터의 선택 비율  
Table 5. Selection ratio of the fixed filter.

영상 \ QP	22	27	32	37	평균(%)
BigShips	27.0	27.6	31.3	31.0	29.2
City_corr	21.3	21.7	25.4	29.1	24.4
Crew	39.8	42.2	35.3	29.3	36.7
Night	40.5	38.7	40.5	43.8	39.9
Raven	43.0	46.1	43.8	45.0	44.5
Jets	40.0	42.7	44.6	39.1	41.6
평균(%)					36.1

표 6. 제안된 방법의 부호화 성능  
Table 6. Performance of the proposed method.

	기존의 적응적 보간 필터 (EDAIIF)		제안하는 필터 뱅크 기반의 보간 필터	
	BDPSNR (dB)	BDRate (%)	BDPSNR (dB)	BDRate (%)
BigShips	0.233	-7.67	0.262	-8.58
City_corr	0.464	-13.84	0.450	-13.25
Crew	0.260	-10.26	0.317	-12.34
Night	0.255	-6.43	0.320	-7.93
Raven	0.913	-21.63	0.934	-21.82
Jets	0.475	-12.17	0.501	-12.76
평균	0.433	-12.00	0.464	-12.78

매크로블록 단위에서 적응적 보간 필터의 사용인지에 대한 선택 비율을 보여준다. 제안하는 필터 뱅크를 매크로블록 별로 선택하는 비율은 평균 67.2% 이며, QP가 낮을수록 그 비율이 높게 나타난다. 즉, 프레임 단에서 보간 필터를 선택하는 것보다 매크로블록 단위에서 보간 필터를 결정하는 것이 성능이 좋게 나타난다. QP가 높은 경우에 매크로블록 단위의 적응적 보간 필터의 선택 비율이 낮은 것은 참조 영상의 화질 열화가 많기 때문에 적응적 보간 필터 성능이 좋지 않으며, 추가적인 구문에 대한 비트량도 RDO 경쟁의 부담으로 작용한 것으로 분석된다. 대부분의 프레임이 제안하는 매크로블록 단위의 필터 뱅크 방법이 선택되었다.

표 5는 매크로블록 단위로 적응적 필터가 선택된 프레임에 대하여 고정 보간 필터의 선택 비율을 보여준다. 표 5의 결과는 스킵(skip) 매크로블록을 제외하고, 각 매크로블록에 대해서 적응적 보간 필터 대비 고정

표 7. 제안된 방법의 복호화 시간 개선  
Table 7. Decoding time saving of the proposed method.

영상 \ QP	22	27	32	37	평균(%)
BigShips	-21.08	-22.32	-18.00	-18.74	-20.03
City_corr	-28.06	-21.26	-15.37	-16.21	-20.23
Crew	-18.15	-18.79	-2.13	-1.26	-10.08
Night	-17.81	-15.34	-15.29	-8.98	-14.35
Raven	-15.35	-11.70	-2.94	0.05	-7.48
Jets	-5.73	-3.00	-4.79	7.59	-1.48
평균(%)					-12.28

보간 필터의 선택 비율을 나타내며, 평균 36.1%의 매크로블록이 고정 보간 필터로 선택되었다. 이는 부호화 효율의 손해 없이 단순화된 필터를 사용하는 경우가 영상 전체의 1/3이 넘는다는 것을 의미하며, 제안하는 필터 뱅크를 통하여 복호화기의 복잡도를 줄일 수 있다.

표 6은 제안하는 필터 뱅크 기반의 보간 필터에 대한 성능을 보여준다.<sup>[19]</sup> 기존의 적응적 보간 필터는 KTA2.2 소프트웨어 대비 BDRate 관점에서 약 12.00%의 부호화 성능을 보이며, 제안하는 필터 뱅크 기반의 보간 필터는 약 12.78%의 부호화 성능을 보인다. 즉, 본 논문에서 제안하는 필터 뱅크 기반의 저 복잡도 복호화 방법은 부호화 성능이 감소하지 않는 장점이 있다. 오히려 약간의 성능 향상이 발생하는 것은 고정 보간 필터가 적응적 보간 필터와는 특성이 다른 필터를 사용했기 때문이라 분석된다. 또한, 움직임 벡터를 이용하여 참조 영상의 DC 오프셋을 조절함으로써, 추가적인 부가정보 없이도 DC값의 보정이 가능하기 때문이다. 본 논문의 알고리즘을 하드웨어 설계 시에는 추가적으로 고정 필터에 대한 모듈이 필요할 수 있다. 하지만, 고정 필터 연산이 비교적 간단하기 때문에, 최소의 하드웨어로 구현이 가능할 것이다.

표 7은 제안된 방법에 대한 디코더 속도 향상을 보여준다. 기존의 적응적 보간 필터 대비 제안하는 필터 뱅크 기반의 저복잡도 복호화 속도는 ATS 관점에서 복호화기 전체 평균 -12.28%의 속도 개선을 얻었다. 움직임 보상 부분이 50% 이상의 계산량을 차지하고 있음을 고려한다면, 제안하는 방법은 움직임 보상 부분에 대해서는 약 25%의 복잡도를 낮추는 것으로 분석된다. 표 7에서 보는바와 같이, QP가 낮을수록 복호화 속도의 이득이 크게 나타난다. 이는 QP가 낮은 영상에서는 매크



로블록 단위의 필터 뱅크 선택 비율이 높고, 비트율이 높아서 복호화 속도 향상의 증가 폭이 크기 때문이다. 반면, 고정 필터의 선택 비율이 높게 나타나는 Raven과 Jets 영상에서 오히려 복호화 속도의 향상이 낮은 이유는 영상의 움직임이 많지 않아서 스킵 블록과 인트라 블록의 비율이 높아서 적응적 필터 또는 고정 필터에 대한 절대적인 수치가 적게 나타나기 때문이다. 이로 인해 KTA2.2 소프트웨어 대비 적응적 보간 필터의 사용에 따른 복호화 시간의 오버헤드가 적고 복호화를 위한 절대적인 시간이 짧기 때문에, 상대적으로 제안하는 저 복잡도 복호화기의 속도 개선이 낮게 나타난다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 적응적 보간 필터에 대한 부호화 방법과 복호화 속도를 분석하였다. 이를 바탕으로 복호화 속도를 개선하고자, 필터 뱅크 기반의 보간 필터를 이용하여 부호화 효율을 유지하면서 복호화 속도를 향상시키는 방법을 제안하였다. 실험 결과로 기존의 적응적 보간 필터 대비 부호화 효율은 유사하며, 복호화 속도는 디코더 전체에서 약 12%의 속도 향상을 얻었다. 이는 움직임 보상 부분에 대해서는 거의 25% 속도 향상을 의미한다.

향후에는 더 많은 복호화 속도 향상을 얻기 위하여 고정 보간 필터의 설계 방법에 대한 연구가 필요하다. 또한, 매크로블록 단위로 추가된 필터 뱅크를 선택 플래그의 양을 줄일 수 있도록 현재 블록 주변의 문맥 기반에 따른 필터 뱅크 선택을 할 수 있는 알고리즘을 개발해야 할 것이다.

#### 참 고 문 헌

- [1] Joint Video Team (JVT) of ITU-T VCEG and ISO/IEC MPEG, "Draft ITU-T Recommendation H.264 and ISO/IEC 14496-10 AVC," May 2003.
- [2] J. Jung, G. Laroche, "Competition-Based Scheme for Motion Vector Selection and Coding," *ITU-T SG16/Q6 Document VCEG-AC06*, Klagenfurt, July 2006.
- [3] A. Tanizawa, T. Chujoh, "Adaptive Quantization Matrix Selection," *ITU-T SG16/Q6 Document D-266*, Geneva, Switzerland, Nov. 2006.
- [4] T. Chujoh, G. Yasuda, N. Wada, T. Watanabe and T. Yamakage, "Block-based Adaptive Loop Filter," *ITU-T SG16/Q6 Document VCEG-AI18*, Berlin, Germany, July 2008.
- [5] Y. Ye, M. Karczewicz, "Improved Intra Coding," *ITU-T SG16/Q6 Document VCEG-AG11*, Shenzhen China, October 2007.
- [6] M. Narroschke, H.G. Musmann, "Adaptive prediction error coding in spatial and frequency domain for H.264/AVC," *ITU-T SG16/Q6 Document VCEG-AB06*, Bangkok, Thailand, January 2006.
- [7] T. Wiegand, G. J. Sullivan, G. Bjontegaard, A. Luthra, "Overview of the H.264/AVC Video Coding Standard," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 13, no. 7, pp. 560-576, Jul. 2003.
- [8] I. Richardson, "H.264 and MPEG-4 Video Compression: Video Coding for Next-generation Multimedia," *John Wiley & Sons*, 2003.
- [9] Y. Vatis, J. Ostermann, "Adaptive interpolation filter for H.264/AVC," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology (CSVT)*, vol. 19, no. 2, Feb. 2009.
- [10] Y. Vatis, B. Edler, D.T. Nguyen, J. Ostermann, "Two-dimensional non-separable Adaptive Wiener Interpolation Filter for H.264/AVC," *ITU-T SG16/Q6 Document VCEG-Z17*, Busan, South Korea, April 2005.
- [11] S. Wittmann, T. Wedi, "Separable adaptive interpolation filter," *ITU-T SG16/Q6 Document C-219*, Geneva, Switzerland, June 2007.
- [12] Nokia, "Adaptive Interpolation with Directional Filters," *ITU-T SG16/Q6 Document VCEG-AG21*, Shenzhen, China, October 2007.
- [13] Tandberg, Nokia, "Low Complexity Directional Interpolation Filter," *ITU-T SG16/Q6 Document VCEG-AI12*, Berlin, Germany, July 2008.
- [14] Qualcomm, "Switched Interpolation Filter with Offset," *ITU-T SG16/Q6 Document C-463*, Geneva, Switzerland, April 2008.
- [15] Qualcomm, "Enhanced Adaptive Interpolation Filter," *ITU-T SG16/Q6 Document C-464*, Geneva, Switzerland, April 2008.
- [16] Nokia, Qualcomm, "Improvements on Enhanced Directional Adaptive Filtering (EDAIF-2)," *ITU-T SG16/Q6 Document C-125*, Geneva, Switzerland, January 2009.
- [17] JM KTA reference model, version 2.3, <http://iphome.hhi.de/suehring/tml/download/KTA>.
- [18] T. K Tan, G. Sullivan and T. Wedi, "Recommended Simulation Common Conditions for Coding Efficiency Experiments Revision 2,"

ITU-T SG16/Q6 Document VCEG-AH10, January 2008.

[19] G. Bjøntegaard, "Calculation of average PSNR differences between RD-Curves," ITU-T SG16/Q6 Document VCEG-M33, April 2001.

— 저 자 소 개 —



남 정 학(학생회원)  
2006년 광운대학교 컴퓨터공학과 학사  
2008년 광운대학교 컴퓨터공학과 석사  
2008년~현재 광운대학교 컴퓨터 공학 박사과정

<주관심분야 : 영상 압축, 멀티프로세서>



조 현 호(학생회원)  
2008년 광운대학교 컴퓨터공학과 학사  
2010년 광운대학교 컴퓨터공학과 석사  
2010년~현재 광운대학교 컴퓨터 공학 박사과정.

<주관심분야 : 영상처리, 영상 압축>



심 동 규(정회원)-교신저자  
1999년 서강대학교 전자공학과 공학박사  
1999년~2000년 (주) 현대 전자  
2000년~2002년 (주) 바로 비전  
2002년~2005년 Univ. of Washington

2005년~현재 광운대학교 컴퓨터공학과 (부교수)  
<주관심분야 : 영상 신호처리, 영상 압축, 컴퓨터 비전>



최 병 두(정회원)  
2007년 고려대학교 전자컴퓨터공학과 박사  
2007년~2008년 Fraunhofer HHI 연구소 방문연구원.  
2009년 고려대학교 BK21 연구교수

2009년~현재 삼성전자 DMC 연구소 멀티미디어 연구팀 책임연구원  
<주관심분야 : 영상처리, 영상 압축>



조 대 성(정회원)  
1994년 서강대학교 전자공학과 학사  
1996년 서강대학교 전자공학과 석사  
1996년~2008년 삼성종합기술원 컴퓨팅랩 전문연구원

2008년~현재 삼성전자 DMC 연구소 멀티미디어 연구팀 수석연구원  
<주관심분야 : 영상처리, 영상 압축>