

# H.264/AVC에서 새로운 필터 선택 기준을 이용한 매크로 블록 기반 적응 보간 필터 방법

정희원 윤근수\*, 문용호\*\*, 김재호\*\*\*

## Macroblock-based Adaptive Interpolation Filter Method Using New Filter Selection Criterion in H.264/AVC

Kun Su Yoon\*, Yong Ho Moon\*\*, Jae Ho Kim\*\*\* *Regular Members*

### 요 약

H.264/AVC에서 부호화 효율 개선을 위해 매크로 블록 기반 적응 보간 방법이 고려되어졌다. 이 방법에서 필터 선택 기준은 비트율과 왜곡 항들이 고려하여 좋은 성능을 발휘하지만 아직 개선의 여지를 남겨두고 있다. 따라서 본 논문에서는 기존 방법보다 높은 부호화 효율 개선을 위해 움직임 벡터와 예측 에러에 대한 두 가지 비트율과 복원 에러를 고려하여 새로운 필터 선택 기준을 제안한다. 부가적으로 선택된 필터 정보 전송을 위한 오버헤드 (overhead)를 줄이는 알고리즘을 나타낸다. 실험 결과는 제안 방법이 기존 방법에 비하여 우수한 성능을 보이고 H.264/AVC에 비해 전체 비트율이 평균 5.19% (참조 프레임: 1개)와 5.14% (참조 프레임: 5개) 절감된다.

**Key Words** : Filter Selection Criterion, Adaptive Interpolation Filter, Motion Compensated Prediction, H.264/AVC

### ABSTRACT

The macroblock-based adaptive interpolation filter method has been considered to be able to achieve high coding efficiency in H.264/AVC. In this method, although the filter selection criterion considered in terms of rate and distortion have showed a good performance, it still leaves room for improvement. To improve high coding efficiency better than conventional method, we propose a new filter selection criterion which considers two bit rates, motion vector and prediction error, and reconstruction error. In addition, the algorithm for reducing the overhead of transmitting the selected filter information is presented. Experimental results show that the proposed method significantly improves the coding efficiency compared to ones using conventional criterion. It leads to about a 5.19% (1 reference frame) and 5.14% (5 reference frames) bit rate savings on average compared to H.264/AVC, respectively.

### 1. 서 론

ITU-T VCEG (video coding experts group)과 ISO/IEC MPEG (moving picture experts group)은

공동으로 2003년에 새로운 동영상 부호화 표준인 H.264/AVC<sup>[1]</sup>을 제정하였다. 이후 HD급 영상으로의 확장과 혼재 통신망 (heterogeneous network)의 환경에서 적합한 서비스를 위해 FRExt (fidelity

\* 부산대학교 차세대 영상·IT 전문인력사업단 (NURI) (innoyoon@pusan.ac.kr), \*\* 경상대학교 컴퓨터과학부 (yhmooon5@gnu.ac.kr)  
 \*\*\* 부산대학교 컴퓨터 및 정보 통신 연구소 (Research Institute of Computer Information and Communication) (jhkim@pusan.ac.kr)  
 논문번호 : KICS2008-01-051, 접수일자 : 2008년 1월 29일, 최종논문접수일자 : 2008년 4월 14일

range extension)<sup>[2]</sup>와 SVC (scalable video coding)<sup>[3]</sup> 표준화 제정에 노력을 기울여 왔다. 그러나 다양한 멀티미디어 서비스의 출현과 발전은 높은 부호화 효율 (coding efficiency)을 전제로 하고 있다. 이러한 요구에 부응하기 위해서 현재 H.264/AVC 보다 부호화 효율을 개선시키는 연구가 요구되고 있다. 실제로 ITU-T SG (study group) 16에서는 KTA (key technical area) 명명하고 H.264/AVC 보다 50% 부호화 효율의 개선을 목표로 연구 활동을 진행하고 있다<sup>[4]</sup>.

H.264/AVC에서는 이전에 표준화된 하이브리드 (hybrid) 동영상 부호화 방식과 마찬가지로 움직임 보상 예측 (motion compensated prediction)을 기반으로 하고 있다. 그리고 부호화 효율을 개선하기 위해 다양한 블록 크기 (variable block sizes), 1/4 화소 정밀도의 움직임 벡터 (motion vector), 다중 참조 프레임 (multiple reference frames)을 적용한다<sup>[5]</sup>.

1/4 화소 정밀도의 움직임 보상 예측을 위해 소수 화소 (fractional-pel) 위치의 영상은 보간 (interpolation)에 의해 획득되어진다. 이때 1/2 화소 위치들을 보간하기 위하여 6탭 Wiener 필터를 이용한다. 이 필터는 움직임 보상 예측의 감쇠 요소인 엘리어싱 (aliasing) 요소들을 줄이기 위해 설계되었다<sup>[6]</sup>. 그러나 이 필터의 계수들은 고정되었기 때문에 엘리어싱, 양자화 에러, 움직임 추정 에러 등과 같은 비디오 신호의 non-stationary 통계적 특성을 고려하지 못한다. 이 문제를 극복하기 위해 다음과 같은 두 가지 접근법이 연구되어졌다: 1) 매크로 블록 (macroblock) 기반 적응 보간 필터 방법<sup>[7],[8]</sup>과 2) 프레임 (frame) 기반의 적응 보간 필터 방법들<sup>[9-12]</sup>.

매크로 블록 단위의 적응되고 분리 가능한 (separable) 보간 필터들이 고려된 첫 번째 방법은 Chono에 의해 제안되었다<sup>[7],[8]</sup>. 이 필터들은 한정된 움직임 벡터 정밀도보다 움직임을 세밀하게 보상할 수 있다. 필터 선택을 위한 기준은 움직임 벡터의 비트율과 예측 에러를 고려하여 정의된다. 필터는 정의된 기준이 최소가 되는 필터를 적응적으로 선택하고 선택된 필터 정보는 영상 복원을 위해 매크로 블록 당 디코더 (decoder)로 전송된다. 이 방법에서는 다음과 같은 두 가지 문제점들을 가지고 있다. 첫째, 필터 선택을 위한 기준은 부호화 효율을 개선하는데 효과적이지 못하다. 이는 현재 매크로 블록을 부호화하기 위한 예측 에러의 비트율과 양자화 에러를 반영하지 못했기 때문이다. 둘째, 매크로 블록 당 필터 정보 전송은 높은 부가 비트로 인

하여 전체 부호화 효율을 저하시킨다.

두 번째 방법들은 Chono보다 부호화 효율을 더욱 개선하기 위하여 Wedi와 Vatis에 의해서 제안되었다<sup>[9-12]</sup>. Wedi는 프레임 단위로 적응되고 분리 가능한 공간-시간 보간 필터를 제안하였다<sup>[9],[10]</sup>. 이 필터는 예측 에러가 최소화되도록 필터 계수들을 계산하였다. 그리고 영상 복원을 위해 계산된 필터 계수들을 차분 부호화 (differential coding)하여 전송하였다. 그러나 이 필터는 움직임 벡터 추정 에러에 민감한 약점이 있다고 알려졌다<sup>[11]</sup>. 이를 극복하기 위하여 Vatis는 프레임 단위로 적응되고 분리 불가능한 (non-separable) 2차원 보간 필터들을 제안하였다<sup>[11],[12]</sup>. 이 필터들은 각각의 소수 화소 위치를 보간하고 예측 에러가 최소화되도록 필터 계수들을 계산하였다. 그리고 계산된 필터 계수들은 양자화, 예측, 엔트로피 부호화 (entropy encoding)되어 전송하였다. 이 방법은 움직임 보상 예측 과정에서 특히 엘리어싱과 움직임 추정 에러를 줄임으로써 부호화 효율을 개선하였다. 그러나 이들의 문제는 프레임 기반으로 필터 계수들을 적응적으로 적용하기 때문에 국부적인 비디오 통계 특성을 반영하는데 부족함이 있다.

본 논문에서는 부호화 효율 향상을 위해 개선된 매크로 블록 기반 적응 보간 필터 방법을 제안한다. 제안된 방법에서는 필터는 새로운 필터 선택 기준에 의해 선택되어진다. 필터 선택 과정은 움직임 벡터와 예측 에러의 두 가지 비트율과 양자화 에러가 포함된 복원 에러 (reconstruction error)를 고려한다. 부가적으로 선택된 필터 정보 전송을 위한 오버헤드 (overhead)를 줄이기 위한 알고리즘을 나타낸다. 실험 결과, 제안 방법은 기존 매크로 블록 기반과 프레임 기반 방법과 비교에서 부호화 효율을 개선함을 보여준다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 기존 움직임 보상 예측 방법들을 조사하고, III장에서는 제안된 필터 선택 방법을 자세히 설명한다. IV장에서는 제안 방법에 대한 실험 결과를 보여주고, V장에서는 결론을 맺는다.

## II. 기존의 움직임 보상 예측 방법

### 2.1 H.264/AVC에서의 움직임 보상 예측

그림 1은 H.264/AVC 부호화기의 블록 다이어그램을 나타낸다. 현재 영상  $S$ 는 참조 영상  $C$ 로부터 움직임 보상 예측되고 이 결과 예측 영상  $P$ 가 생

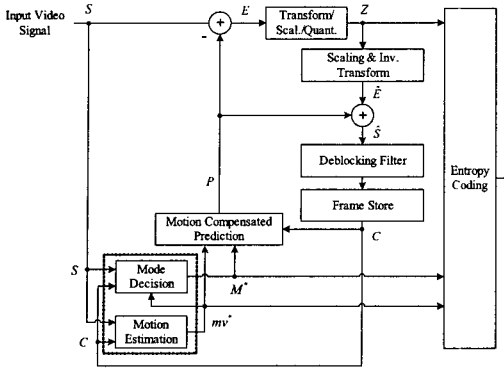


그림 1. H.264/AVC 부호화기의 블록 다이어그램

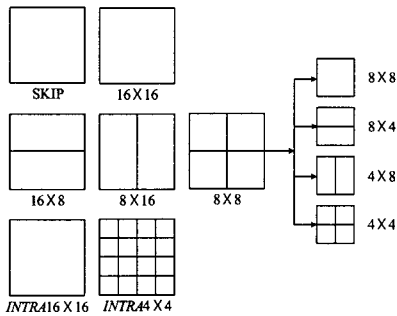


그림 2. H.264/AVC에서 다양한 블록 크기의 예측 모드

성된다. 그리고 현재 영상과 예측 영상이 차분되어 얻어지는 예측 에러  $E$ 는 변환 (transform)과 양자화 (quantization)가 수행되어 예측 에러 계수  $Z$ 가 생성되고 이는 움직임 정보  $M^*$ ,  $mv^*$  (최적의 예측 모드와 움직임 벡터)와 함께 엔트로피 부호화하고 전송되어진다.

움직임 보상 예측은 현재 매크로 블록을 그림 2와 같이 다양한 블록 크기의 예측 모드 (prediction mode)들로 분할한다. 그리고 해당 블록에 대하여 참조 영상에서 가장 유사한 정합 블록을 찾는 움직임 추정 (motion estimation)을 통해 움직임 벡터를 계산한다. 또한 모드 결정 (mode decision)을 통해 최적의 예측 모드와 움직임 벡터를 결정한다.

최적의 예측 모드 및 움직임 벡터를 결정하기 위하여 비트율과 왜곡 정도를 동시에 고려한 율-왜곡 최적화 (rate-distortion optimization) 기법<sup>[13]</sup>을 적용한다. 시간적 중복성을 감소시키고 움직임 추정 효율을 개선하기 위하여 식 (1)의 예측 모드  $M$ 을 정의한다. 현재 매크로 블록이 주어질 경우, 각각의 예측 모드에 대한 최적의 움직임 벡터  $mv^*(M)$ 의 계산은 다음과 같다.

$$mv^*(M) = \underset{mv}{\operatorname{argmin}} J_{MOTION}(mv|M) \quad (1)$$

$$= \underset{mv}{\operatorname{argmin}} \left\{ D_{DFD}(mv|M) + \lambda_{MOTION} \cdot R_{MOTION}(mv|M) \right\},$$

$$\text{where } M \in \left\{ \begin{array}{l} \text{SKIP}, 16 \times 16, 16 \times 8, 8 \times 16, \\ 8 \times 8, 8 \times 4, 4 \times 8, 4 \times 4, \text{INTRA} \\ 16 \times 16, \text{INTRA} 4 \times 4 \end{array} \right\},$$

여기서  $\lambda_{MOTION}$ ,  $D_{DFD}(mv|M)$ ,  $R_{MOTION}(mv|M)$ 은 움직임 추정을 위한 라그랑지안 (Lagrangian) 계수, 현재 블록과 참조 블록간의 예측 에러, 움직임 벡터의 비트율을 각각 나타낸다.

예측 모드에 대한 최적의 움직임 벡터  $mv^*(M)$ 을 계산한 이후, 최적의 예측 모드  $M^*(MB)$ 는 매크로 블록 단위 (MB)로 다음과 같이 결정한다.

$$M^*(MB) = \underset{M}{\operatorname{argmin}} J_{MODE}(M|MB) \quad (2)$$

$$= \underset{M}{\operatorname{argmin}} \left\{ D_{REC}(M|MB) + \lambda_{MODE} \cdot R_{REC}(M|MB) \right\}$$

여기서  $\lambda_{MODE}$ ,  $D_{REC}(M|MB)$ ,  $R_{REC}(M|MB)$ 는 모드 결정을 위한 라그랑지안 계수, 현재 매크로 블록과 복원 매크로 블록 간의 복원 에러, 모드  $M$ 과 연관된 비트율을 각각 나타낸다.  $R_{REC}(M|MB)$ 은 예측 에러, 움직임 벡터, 예측 모드, 참조 프레임 정보 등에 대한 비트율을 포함한다.

움직임 추정과 모드 결정 과정에서 획득되는 최적 예측 모드와 연관된 움직임 벡터  $mv^*(M)$ 는 현재 매크로 블록의 예측을 위해 이용되고 엔트로피 부호화하여 디코더로 전송된다.

## 2.2 매크로 블록 기반의 적응 보간 필터 방법

Chono는 1/2 화소 위치들을 보간하기 위해 매크로 블록 단위로 적용되고 분리 가능한 보간 필터들을 제안하였다<sup>[7],[8]</sup>. 그러나 1/4 화소 위치들은 고정된 2탭 쌍일차 필터가 이용된다. 표 1은 미리 계산된 Chono의 필터들을 나타낸 것이다. 필터 번호 1은 대칭 필터이고 H.264/AVC의 필터와 동일하다. 하지만 필터 번호 2, 3은 비대칭 필터이고 한정된 움직임 벡터 정밀도 보다 움직임을 세밀하게 보상할 수 있다고 알려져 있다<sup>[7]</sup>.

그림 3은 Chono의 움직임 보상 예측 방법을 나타낸 것이다. 필터 선택은 움직임 추정에서 획득된 필터들에 대한 최적의 움직임 벡터를 이용한다. 따라서 모드 결정 이전에 수행됨을 주목해야 한다. 움직임 보상 예측은 다음과 단계로 수행된다.

표 1. Chono가 제안한 대칭과 비대칭 필터들

| 필터 번호 ( $f$ ) | 필터 계수                       |
|---------------|-----------------------------|
| 1             | [1, -5, 20, 20, -5, 1] / 32 |
| 2             | [1, -5, 27, 12, -4, 1] / 32 |
| 3             | [1, -4, 12, 27, -5, 1] / 32 |

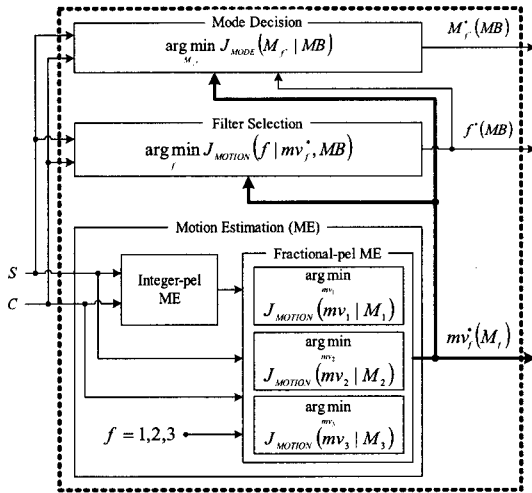


그림 3. Chono의 움직임 보상 예측 방법

1) 움직임 추정

현재 매크로 블록과 참조 프레임들을 이용하여 정수 화소 위치에서 최적의 움직임 벡터를 계산한다. 그리고 표 1의 3가지 필터들과 고정된 2탭 쌍일차 필터를 이용하여 다음과 같이 필터 번호에 대한 최적의 움직임 벡터  $mv_f^*(M_f)$ 을 계산한다.

$$mv_f^*(M_f) = \underset{mv_f}{\operatorname{argmin}} J_{MOTION}(mv_f | M_f) \quad (3)$$

$$= \underset{mv_f}{\operatorname{argmin}} \left\{ D_{DFD}(mv_f | M_f) + \lambda_{MOTION} \cdot R_{MOTION}(mv_f | M_f) \right\}, \text{ for } f = 1, 2, 3.$$

식 (3)은 H.264/AVC의 움직임 추정을 위한 식 (1)을 3번 수행한 것이다. 이는 Chono가 3가지 필터들을 적용했기 때문이다.

2) 필터 선택

그림 4는 Chono의 필터 선택 기준에 대한 계산 과정을 묘사한 것이다. 그림 3의 움직임 추정 과정에서 획득된 필터 번호에 대한 최적의 움직임 벡터  $mv_f^*(M_f)$ 들은 엔트로피 부호화되어 최적 움직임 벡

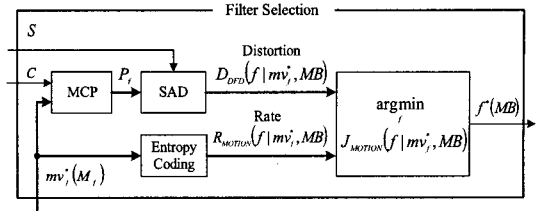


그림 4. Chono의 필터 선택 기준에 대한 계산 과정. SAD는 sum of absolute difference의 약자이다

터의 비트율  $R_{MOTION}(f | mv_f^*, MB)$ 을 생성한다. 그리고 참조 영상  $C$ 와  $mv_f^*(M_f)$ 을 이용하여 움직임 보상 예측을 통해 생성된 예측 영상  $P_f$ 는 원 영상  $S$ 와의 SAD (sum of absolute difference)를 적용하여 필터 번호에 대한 예측 에러  $D_{DFD}(f | mv_f^*, MB)$ 을 생성한다. 최종 선택된 필터 번호  $f^*(MB)$ 는 다음과 같이 매크로 블록 단위로 선택된다.

$$f^*(MB) = \underset{f}{\operatorname{argmin}} J_{MOTION}(f | mv_f^*, MB) \quad (4)$$

$$= \underset{f}{\operatorname{argmin}} \left\{ D_{DFD}(f | mv_f^*, MB) + \lambda_{MOTION} \cdot R_{MOTION}(f | mv_f^*, MB) \right\}, \text{ for } f = 1, 2, 3.$$

3) 모드 결정

선택된 필터 번호  $f^*$ 에 대한 최적의 예측 모드  $M_{f^*}(MB)$ 는 다음과 같이 결정된다.

$$M_{f^*}(MB) = \underset{M_{f^*}}{\operatorname{argmin}} J_{MODE}(M_{f^*} | MB) \quad (5)$$

$$= \underset{M_{f^*}}{\operatorname{argmin}} \left\{ D_{REC}(M_{f^*} | MB) + \lambda_{MODE} \cdot R_{REC}(M_{f^*} | MB) \right\}.$$

식 (5)는 H.264/AVC에서 모드 결정을 위한 식 (2)와 같고 선택된 필터 번호에 대해서 나타낸 것이다. 이 단계를 통해 선택된 필터 번호에 대한 최적의 예측 모드와 연관된 움직임 벡터  $mv_{f^*}^*(M_{f^*})$ 가 결정되어 진다.

4) 예측

현재 매크로 블록은  $mv_{f^*}^*(M_{f^*})$ 을 이용하여 예측 된다.

움직임 보상 예측 이후, 선택된 필터 번호  $f^*$ 와 엔트로피 부호화된  $mv_{f^*}^*(M_{f^*})$ 는 영상 복원을 위해 디코더로 전송한다.

### III. 제안 방법

앞 장에서 언급한 Chono의 방법에서 필터 선택 기준은 움직임 벡터의 비트율과 예측 에러를 고려하였다. 이는 현재 매크로 블록이 부호화되기 위한 비트율과 왜곡으로 적합하지 못하다. 그리고 필터 정보 전송을 위한 오버헤더는 전체 부호화 효율을 저하시키는 문제점을 지니고 있다. 이를 극복하기 위하여, 본 논문에서는 Chono가 제안한 방법에서 다음의 내용을 개선하는데 목적을 둔다.

- 부호화 효율 개선을 위한 새로운 필터 선택 기준을 제안한다.
- 필터 정보 전송을 위한 오버헤더를 줄이는 알고리즘을 나타낸다.

첫째로 움직임 벡터와 예측 에러의 비트율과 복원 에러를 고려하여 새로운 필터 선택 기준을 제안한다. 제안된 기준은 다음과 같이 정의한다.

$$f^*(MB) = \underset{f}{\operatorname{argmin}} J_{MODE}(f|M_f^*, MB) \quad (6)$$

$$= \underset{f}{\operatorname{argmin}} \left\{ D_{REC}(f|M_f^*, MB) + \lambda_{MODE} \cdot \hat{R}_{REC}(f|M_f^*, MB) \right\}$$

for  $f=1,2,3$ ,

여기서,  $f^*(MB)$ ,  $D_{REC}(f|M_f^*, MB)$ ,  $\hat{R}_{REC}(f|M_f^*, MB)$ 는 선택된 필터 번호, 현재 매크로 블록과 필터 번호에 대한 최적 예측 모드에 의해 생성되는 복원 블록간의 복원 에러, 필터 번호에 대한 움직임 벡터와 예측 에러의 비트율을 각각 나타낸다.  $D_{REC}(f|M_f^*, MB)$ 는 현재 매크로 블록이 부호화되기 위한 양자화 에러를 포함하고 있음을 주목해야한다.

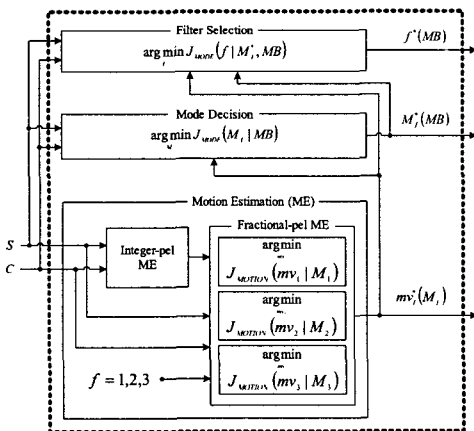


그림 5. 제안된 움직임 보상 예측 방법

그림 5는 제안된 방법의 움직임 보상 예측 방법을 나타낸 것이고 이는 다음과 같은 단계로 수행한다.

1) 움직임 추정

Chono의 단계 1과 동일하다.

2) 모드 결정

필터 번호에 대한 최적의 예측 모드  $M_f^*(MB)$ 는 다음과 같이 결정한다.

$$M_f^*(MB) = \underset{M_f}{\operatorname{argmin}} J_{MODE}(M_f|MB) \quad (7)$$

$$= \underset{M_f}{\operatorname{argmin}} \left\{ D_{REC}(M_f|MB) + \lambda_{MODE} \cdot R_{REC}(M_f|MB) \right\}$$

for  $f=1,2,3$ .

식 (7)은 식 (2)을 3번 수행한 것이다. 이는 표 1의 3가지 필터들이 적용되기 때문이다.

3) 필터 선택

매크로 블록 단위로 최적의 필터 번호  $f^*(MB)$ 은 새로 제안된 필터 선택 기준인 식 (6)을 이용하여 선택되어 진다. 그림 6은 제안된 필터 선택 기준에 대한 계산 과정을 묘사한 것이다. 먼저 그림 5의 움직임 추정 과정에서 획득된 필터 번호에 대한 최적의 움직임 벡터  $mv_j^*(M_f)$ , 그림 5의 모드 결정 과정에서 획득된 필터 번호에 대한 최적 예측 모드  $M_f^*$ , 참조 영상  $C$ 는 움직임 보상 예측을 통해 예측 영상  $P_j$ 을 생성한다.  $P_j$ 와 원 영상  $S$ 와의 차분에 의해 생성된 필터 번호에 대한 예측 에러  $E_j$ 는 변환과 양자화를 수행하여 예측 에러 계수  $Z_j$ 와 역양자화, 역변환을 거쳐 복원된 예측 에러  $\hat{E}_j$ 을 생성한다. 그리고  $P_j$ 와  $\hat{E}_j$ 의 합산을 통해 복원 영상  $\hat{S}_j$ 이 생성된다. 제안된 기준에서의 비트율  $\hat{R}_{REC}(f|M_f^*, MB)$ 은 필터 번호에 대한 움직임 벡터  $mv_j^*(M_f)$ 와 예측 에러 계수  $Z_j$ 가 엔트로피 부호화되어 획득된다. 그리고 왜곡  $D_{REC}(f|M_f^*, MB)$ 은 원 영상

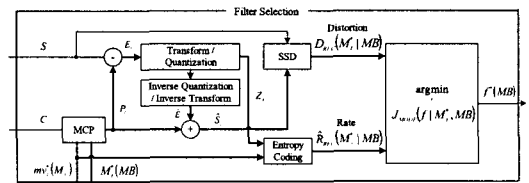


그림 6. 제안된 필터 선택 기준에 대한 계산 과정. SSD는 sum of squared difference의 약자이다

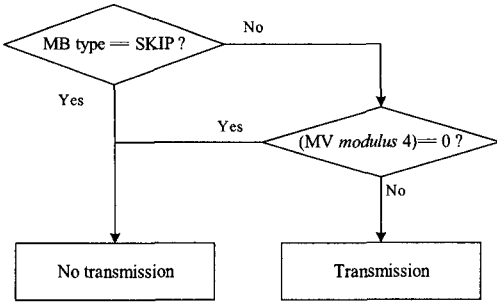


그림 7. 제안된 필터 정보 전송을 위한 알고리즘

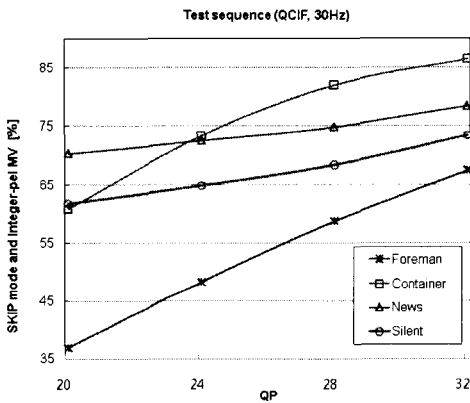


그림 8. SKIP 모드와 정수 화소 움직임 벡터의 분포

S과 복원 영상과의 SSD (sum of squared difference)를 적용하여 얻어지는 복원 에러이다. 따라서 이 단계에서 선택된 필터 번호에 대한 최적 예측 모드의 움직임 벡터  $mv_f^*(B_f, M_f)$ 가 결정되어 진다.

4) 예측

현재 매크로 블록은  $mv_f^*(M_f)$ 을 이용하여 예측 된다.

움직임 보상 예측 이후, 선택된 필터 번호  $f^*$ 와 엔트로피 부호화된  $mv_f^*(M_f)$ 는 영상 복원을 위하여 디코더로 전송한다. 만약 기존 방법과 같이 필터 정보를 전송할 경우, 매크로 블록 당 2비트의 부가 비트가 필요하고 이는 전체 부호화 효율을 저하시키는 요인이 된다. 따라서 본 논문에서 그림 7과 같이 필터 정보 전송을 위한 오버헤더를 줄이는 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘의 수행 과정은 만약 매크로 블록 형태가 SKIP 모드거나 최적 움직임 벡터의 위치가 정수 화소이면 전송하지 않고 나머지 경우에는 필터 정보를 전송한다. SKIP과 정

수 화소 위치의 움직임 벡터일 때, 디코더에서는 소수 화소 움직임 보상을 수행할 필요가 없다. 그리고 이 정보들은 디코더에서 예측 가능하기 때문에 필터 정보를 전송할 필요가 없다. 게다가 이들은 그림 8에서 볼 수 있듯이 표준 QCIF 테스트 시퀀스들에서 평균 약 70%를 포함하고 있다. 따라서 제안된 알고리즘을 적용하면 매크로 블록 당 부가 비트를 평균 약 0.6비트로 줄일 수 있다.

IV. 실험 결과 및 고찰

본 논문에서는 제안 방법의 우수성을 확인하기 위하여 H.264/AVC 참조 소프트웨어와 KTA 소프트웨어가 합병된 jm11.0kta1.4<sup>[14]</sup>를 이용하여 기존 방법들과 제안 방법 (PM) 간의 부호화 효율을 비교, 평가하였다. 부호화 효율의 척도는 VCEG-M33<sup>[15]</sup>에서의 비트율 절감 (bit rate saving)을 이용하였다. 그리고 실험 조건은 표 2와 같다.

표 2. 실험 조건

| Frame rate                  |                | 30Hz                              |
|-----------------------------|----------------|-----------------------------------|
| Test sequences              | QCIF           | Foreman, Container, News, Silent  |
|                             | CIF            | Mobile & Calendar, Tempete, Paris |
| QP (quantization parameter) | 20, 24, 28, 32 |                                   |
| Hadamard transform          | Used           |                                   |
| Search range                | ±16            |                                   |
| Total number of references  | 1, 5           |                                   |
| Sequence type               | I, P, P, ...   |                                   |
| Motion vector resolution    | 1/4-pel        |                                   |
| RD-optimized mode decision  | Used           |                                   |
| Entropy coding method       | CAVLC          |                                   |

그림 9는 Foreman과 News 시퀀스에서 Chono와 제안된 방법의 예측 에러에 대한 비트율 절감을 비교한 것이다. 제안된 방법은 H.264/AVC보다 예측 에러에 대한 비트율이 평균 약 19% 절감된다. 그리고 움직임이 많은 Foreman 시퀀스 뿐만 아니라 움직임이 적은 News 시퀀스에서도 예측 효율이 현저하게 개선됨을 알 수 있다. 이는 제안된 필터 선택 기준이 현재 매크로 블록에 대한 양자화 에러를 고려하기 때문이다. 따라서 성능은 움직임과 양자화 파라메타 (QP)에 영향을 많이 받지 않고 개선된다는 것을 의미한다.

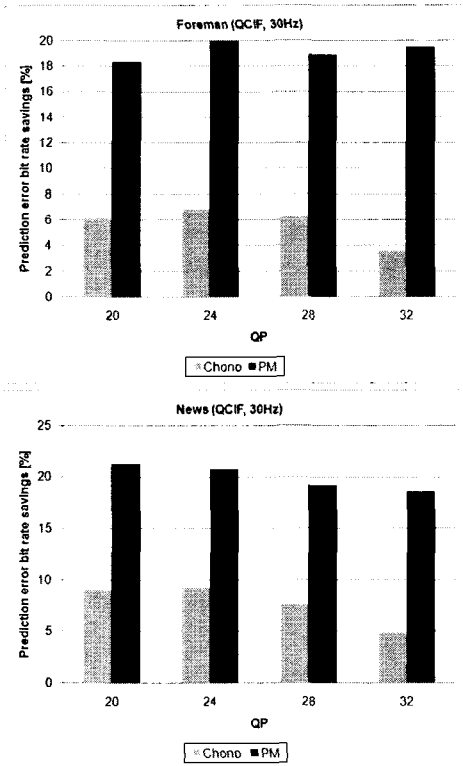


그림 9. Foreman, News 시퀀스에 대하여 Chono와 제안된 방법의 예측 에러에 대한 비트율 절감 비교 (참조 프레임: 1개). 각각의 QP에서 PSNR은 고정하였다.

그림 10은 제안 방법과 기존 방법들에 대한 윌-왜곡 곡선 (rate-distortion curve)을 보여준다. 이 그림에서 알 수 있듯이 제안 방법이 기존 방법들 보다 항상 우수한 부호화 효율을 지니고 있음을 알 수 있다. 그리고 표 3과 4는 다양한 표준 동영상 시퀀스들에 대한 제안 방법과 기존 방법들의 전체 비트율 절감에 대해 비교한 것이다. 표 3과 4의 값은 1개와 5개의 참조 프레임을 적용한 결과이다. 제안 방법은 Chono와 Vatis 방법들 보다 각각 평균 3.50~4.60% (참조 프레임: 1개)와 7.34~10.14% (참조 프레임: 5개) 비트율이 절감된다. 그리고 H.264/AVC보다 평균 5.19% (참조 프레임: 1개), 평균 5.14% (참조 프레임: 5개)가 절감됨을 알 수 있다. 위의 결과에서 기존 방법은 5개의 참조 프레임을 이용할 경우 1개의 참조 프레임보다 성능이 저하됨을 주목해야 한다. 이는 움직임 보상 예측 과정에서 엘리어싱과 움직임 추정 에러를 줄이기 위하여 H.264/AVC에서도 다중 참조 프레임을 사용하기 때문이다. 따라서 이는 적응 보간 필터의 목적과

대응되기 때문에 성능이 저하된다. 그러나 제안 방법에서는 엘리어싱과 움직임 추정 에러 뿐만 아니라 현재 매크로 블록에 대한 양자화 에러를 고려하기 때문에 다중 참조 프레임을 적용할 경우에서도 우수한 성능을 보인다.

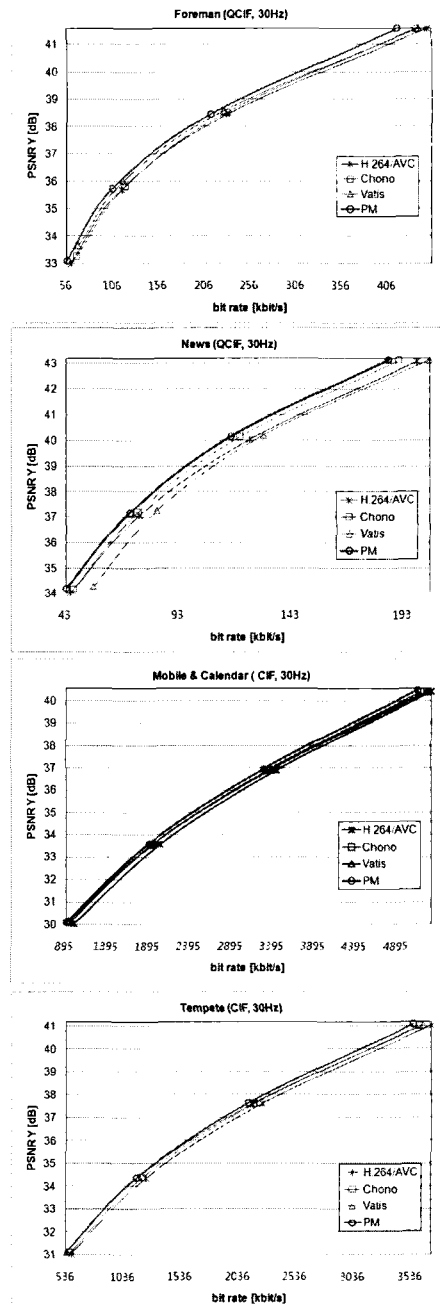


그림 10. 제안 방법과 기존 방법들에 대한 윌-왜곡 곡선 (참조 프레임: 1개).

표 3. 전체 비트율 절감 비교 (참조 프레임: 1개)

| Sequence  | Resolution | Chono [8] | Vatis [13] | PM    |
|-----------|------------|-----------|------------|-------|
| Foreman   | QCIF       | 0.44%     | 4.35%      | 5.38% |
| Container | QCIF       | 2.40%     | 3.03%      | 9.98% |
| News      | QCIF       | 3.60%     | -5.97%     | 6.09% |
| Silent    | QCIF       | -2.18%    | -7.80%     | 0.75% |
| Mobile    | CIF        | 3.72%     | 3.77%      | 5.45% |
| Tempete   | CIF        | 3.72%     | 5.56%      | 5.60% |
| Paris     | CIF        | 0.78%     | 1.22%      | 3.11% |
| Average   |            | 1.78%     | 0.59%      | 5.19% |

표 4. 전체 비트율 절감 비교 (참조 프레임: 5개)

| Sequence  | Resolution | Chono [8] | Vatis [13] | PM    |
|-----------|------------|-----------|------------|-------|
| Foreman   | QCIF       | -4.77%    | 1.33%      | 5.41% |
| Container | QCIF       | -1.29%    | -7.95%     | 7.43% |
| News      | QCIF       | -0.77%    | -6.66%     | 6.11% |
| Silent    | QCIF       | -4.06%    | -8.40%     | 1.12% |
| Mobile    | CIF        | -0.62%    | -12.73%    | 7.18% |
| Tempete   | CIF        | -1.84%    | 4.46%      | 5.54% |
| Paris     | CIF        | -2.04%    | -5.02%     | 3.19% |
| Average   |            | -2.20%    | -5.00%     | 5.14% |

### V. 결 론

본 논문은 H.264/AVC에서 매크로 블록 기반 적응 보간 필터 방법을 개선하기 위해 새로운 필터 기준을 제안하였다. 제안된 필터 기준은 부호화 효율을 개선하기 위해 움직임 벡터와 예측 에러의 두 가지 비트율과 복원 에러를 고려하여 정의하였다. 추가적으로 필터 정보 전송을 위한 오버헤더를 줄이는 알고리즘을 나타내었고 이를 통해 추가 정보 비트를 매크로 블록 단위로 기존 2비트에서 0.6비트로 절감하였다.

실험 결과, 제안 방법은 실험 조건의 모든 영역에서 기존 방법보다 우수한 성능을 보였다. 특히 5개의 참조 프레임을 적용할 경우, Chono와 Vatis 방법은 H.264/AVC보다 각각 평균 2.2%와 5% 성능이 저하되었다. 그러나 제안 방법에서는 현재 매크로 블록의 양자화 에러를 반영함으로써 평균 5.14% 개선되었다. 이 결과를 통해 다중 참조 프레임 사용 시에도 제안 방법은 높은 부호화 효율을 성취할 수 있다.

### 참 고 문 헌

- [1] Int. Telecommun. Union-Telecommun. (ITU-T) and Int. Standards Org./Int. Electrotech. Comm. (ISO/IEC) JTC 1, Rec. H.264 and ISO/IEC 14 496-10 (MPEG-4) AVC, Advanced Video Coding for Generic Audiovisual Services 2003.
- [2] G. J. Sullivan, P. Topiwala, and A. Luthra, "The H.264/AVC Advanced Video Coding Standard: Overview and Introduction to the Fidelity Range Extensions," in SPIE Conference on Applications of Digital Image Processing XXVII, vol. 5558, part 1, pp. 454-474, Aug. 2004.
- [3] T. Wiegand, G. Sullivan, J. Richel, H. Schwartz, M. Wien, eds., "Joint draft 10 of SVC amendment," JVT-W201, April 2007.
- [4] [http://ftp3.itu.int/av-arch/video-site/0507\\_Gen/Q6\\_0507\\_InformalReport.doc](http://ftp3.itu.int/av-arch/video-site/0507_Gen/Q6_0507_InformalReport.doc).
- [5] T. Wiegand, G. J. Sullivan, G. Bjontegaard, and A. Luthra, "Overview of the H.264/AVC video coding standard," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 13, pp. 560-576, July 2003.
- [6] O. Werner, "Drift analysis and drift reduction for multiresolution hybrid video coding," Signal Process.: Image Commun., vol. 8, no. 5, Jul. 1996.
- [7] K. Chono and Y. Miyamoto, "MB basis Adaptive Motion Interpolation," JVT-D040, Joint Video Team (JVT) of ISO/IEC MPEG & ITU-T VCEG Meeting, 2002.
- [8] K. Chono and Y. Miyamoto, "Modified Adaptive Interpolation Filter," JVT-D078, Joint Video Team (JVT) of ISO/IEC MPEG & ITU-T VCEG Meeting, 2002.
- [9] T. Wedi and H. G. Musmann, "Motion and Aliasing-Compensated Prediction for Hybrid Video Coding," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 13, no. 7, July 2003.
- [10] T. Wedi, "Adaptive interpolation filters and high-resolution displacements for video coding," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 15, no. 4, pp.484-492, April 2006
- [11] Y. Vatis, B. Edler, I. Wassermann, D.T. Nguyen, J. Ostermann, "Coding of Coefficients of two-dimensional Adaptive Wiener Interpolation Filter," Visual Communications and Image



Processing, Beijing, China, July 2005.

- [12] Y. Vatis, B. Edler, D. T. Nguyen, J. Ostermann, "Motion and Aliasing-Compensated Prediction Using a Two-dimensional Non-separable Adaptive Wiener Interpolation Filter," in Proc. IEEE Int. Conf. Image Processing, Genova, Italy, September 2005.
- [13] G. J. Sullivan and T. Wiegand, "Rate-Distortion Optimization for Video Compression," IEEE Signal Processing Magazine, Vol. 15, Num. 6, pp. 74-90, Nov. 1998
- [14] KTA reference model 1.2, available at <http://www.tnt.uni-hannover.de/~vatis/hta/jm11.0kta1.2.zip>.
- [15] G. Bjontegaard, "Calculation of average PSNR differences between RD-curves," Doc. VCEG-M33, April 2001.

**윤근수 (Kun Su Yoon)**

정회원



2000년 2월 경남대학교 전자공학과 졸업  
 2001년 8월 경남대학교 정보통신공학과 석사  
 2004년 2월 부산대학교 전자공학과 박사수료  
 현재 부산대학교 전기전자통신공학부 NURI 계약교수

<관심분야> 영상 처리, 비디오 압축 표준, 멀티미디어 시스템, SoC 설계

**문용호 (Yong Ho Moon)**

정회원

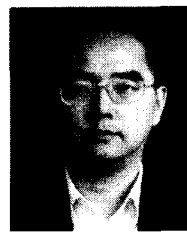


1992년 2월 부산대학교 전자공학과 졸업  
 1994년 2월 부산대학교 전자공학과 석사  
 1998년 8월 부산대학교 전자공학과 박사  
 현재 경상대학교 컴퓨터과학부 조교수

<관심분야> 영상 처리, 영상 통신, 비디오 압축 표준, VLSI 설계

**김재호 (Jae Ho Kim)**

정회원



1980년 2월 부산대학교 전기기계공학과 졸업  
 1982년 2월 한국과학기술원 산업전자공학과 석사  
 1990년 2월 한국과학기술원 전기및전자공학과 박사  
 현재 부산대학교 전기전자통신공학부 정교수

<관심분야> 비디오 압축 표준, 고해상도 영상처리, 애니메이션 자동화