

논문 2011-48SP-5-7

# 변환블럭의 영역에 따른 저복잡도 적응 루프 필터

( Low-complexity Adaptive Loop Filters Depending on Transform-block Region )

임 웅\*, 남 정 학\*, 심 동 규\*\*, 정 광 수\*\*\*, 조 대 성\*\*\*\*, 최 병 두\*\*\*\*

( Woong Lim, Jung-Hak Nam, Dong-Gyu Sim, Kwang Soo Jung, Dae-Sung Cho, and Byung-Doo Choi )

## 요 약

본 논문에서는 정수변환 기저의 특성을 기반으로 블럭의 내부/경계 영역으로 분리되는 루프필터를 생성하고, 이를 선택적으로 적용하는 방법을 제안한다. 기존의 블럭 기반의 적응적 루프 필터(BALF)는 비디오 코덱의 압축 성능에 있어서 약 10%의 압축 효율을 보이는 기술이다. 이는 복원된 영상을 원본 영상에 최대한 유사하게 만드는 Wiener 필터계수를 생성하고 생성된 필터가 적용될 영역에 대한 정보를 전송한다. 그러나 블럭 기반의 적응적 루프 필터는 블럭 단위로 영상을 참조하여 하나의 필터를 생성하는 방법으로, 높은 부호화 성능을 보이는 반면, 높은 복잡도를 수반한다는 단점이 있다. 본 논문에서 제안하는 방법은 정수변환 기저의 특성에 따라서 서로 다른 에러의 특성을 갖는 특징을 이용하여 블럭의 내부와 경계 영역을 분리하고, 각 영역을 위한 필터를 생성한다. 이후, 이를 원하는 영역에 선택적으로 적용한다. 부호화기의 필터 생성 과정에서 선택된 특정 영역의 필터를 복호화기로 전송함으로써, 선택된 영역에 대해서만 필터링을 수행하여 복호화 복잡도를 조절할 수 있다. 제안하는 알고리즘을 사용하여 블럭의 경계 영역 필터만을 사용한 경우 기존의 BALF 대비 약 2.56%의 부호화 성능 저하에 대하여 약 35.5%의 필터링 속도 향상을 보였다.

## Abstract

In this paper, we propose a low-complexity loop filtering method depending on transform-block regions. Block adaptive loop filter (BALF) was developed to improve about 10% in compression performance for the next generation video coding. The BALF employs the Wiener filter that makes reconstructed frames close to the original ones and transmits filter-related information. However, the BALF requires high computational complexity, while it can achieve high compression performance because the block adaptive loop filter is applied to all the pixels in blocks. The proposed method is a new loop filter that classifies pixels in a block into inner and boundary regions based on the characteristics of the integer transform and derives optimum filters for each region. Then, it applies the selected filters for the inner and/or boundary regions. The decoder complexity can be adjusted by selecting region-dependent filter to be used in the decoder side. We found that the proposed algorithm can reduce 35.5% of computational complexity with 2.56% of compression loss, in case that only boundary filter is used.

**Keywords :** Adaptive loop filter, post filter, BALF

\* 학생회원, \*\* 정회원, 광운대학교 컴퓨터공학과

(Dept. of Computer Engineering, Kwangwoon University)

\*\*\* 정회원, LG전자(주)

(LG Electronics)

\*\*\*\* 정회원, 삼성전자(주)

(Samsung Electronics)

※ 본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업(정보통신)[KI002142, 차세대 모바일 영상서비스를 위한 초경량 비디오 부호화 원천기술개발]지원으로 수행하였음. 일부 삼성전자(주)의 지원으로 수행하였음.

접수일자: 2011년2월7일, 수정완료일: 2011년8월17일

### I. 서 론

최근 IT산업이 급속도로 발전하고 시장이 확대됨에 따라 고화질 디지털 비디오 콘텐츠의 수요가 크게 증가되고 있다. 또한, 모바일 기기가 보편화되고 무선 이동 멀티미디어 서비스가 보편화되고 있다. 이러한 추세에 맞추어 고해상도 디스플레이를 장치를 탑재한 제품들에 대한 수요가 증가하면서 모바일 비디오 콘텐츠들도 고화질, 고해상도 영상으로 변화해가고 있다. 이러한 콘텐츠의 변화에 따라 고성능 비디오 압축 기술이 요구되고 있다. 이에 따라서, 과거 수십 년 동안 국제 표준화 단체에서는 비디오 압축 표준화를 진행해 왔으며, 최신 비디오 압축표준인 H.264/AVC는 ITU-T Video Coding Experts Group(VCEG)과 ISO/IEC MPEG Video Group의 Joint Video Group (JVT)에 의해서 개발되었다.<sup>[1~7]</sup> H.264/AVC는 현존하는 최고 성능의 비디오 압축표준이다. H.264/AVC는 이전의 비디오 압축 표준에 비하여 두 배 이상의 압축 성능을 보이며, 최근 IPTV, DMB, PMP, HDTV 등에서 상용화되었다. 그러나, 초 고해상도 모니터의 개발과 고성능 모바일 영상 디스플레이 장치가 개발됨에 따라 고화질, 고해상도 멀티미디어 콘텐츠에 대응되는 새로운 차세대 비디오 압축표준화 과정이 진행되고 있다.

이러한 차세대 비디오 압축표준과 관련하여 압축 성능의 향상을 위한 다양한 기술들이 개발되고, 이러한 기술들이 기존의 비디오 압축 표준인 H.264/AVC를 바탕으로 구현될 수 있도록 하기 위하여 KTA(Key

Technical Area) 소프트웨어에 구현되었다. 이러한 고효율 부호화 모듈 중 최근 제안된 BALF(Block Adaptive Loop Filter)는 압축 영상이 입력된 원본 영상에 가장 유사하도록 만드는 필터를 생성 및 적용하여 부호화 성능을 높이는 기술이다. 기존의 H.264/AVC는 매크로블럭 단위로 부호화를 수행하기 때문에 블럭 단위의 정수변환과 양자화 과정에서 열화현상이 발생한다. 이러한 영상의 열화는 블럭의 경계에서 심하기 때문에, 이를 제거하기 위하여 더블링킹 필터를 사용하여 압축성능과 주관적 화질을 향상시킨다.<sup>[8]</sup> 이러한 더블링킹 필터는 열화의 특성을 몇 개의 경우로 나누고 이에 대하여 고정형 필터를 선택하여 적용한다. 그러나 더블링킹 필터를 적용한 이후에도 블럭 내부에는 열화가 존재하며, BALF는 이러한 열화된 영상을 원본 영상과 비교하여 가장 유사하게 만드는 필터를 생성함으로써 더블링킹 필터를 적용한 이후 남아있는 영상의 열화를 제거하는 방법이다. 이에 대한 블록도는 그림 1과 같다. BALF는 부호화 과정에서 복원된 영상에 대하여 입력된 영상과의 차이를 최소화하는 Wiener필터를 설계하여 추가로 전송한다. 특히 필터링 영역을 블럭 단위로 나누어 영상에 존재하는 에러의 특성이 유사한 영역들을 모아 필터링하고, 필터가 적용될 영역에 대한 정보를 추가로 전송함으로써 압축효율을 높인다. 그러나 이는 H.264/AVC에서 영상에 블럭 단위의 정수변환을 적용함으로써 발생하는 블럭의 내부와 경계의 서로 다른 신호적 특성을 고려하지 않는다. 즉, 블럭의 전체 영역을 하나의 영역으로 간주하고 블럭 전체에 대한 최적

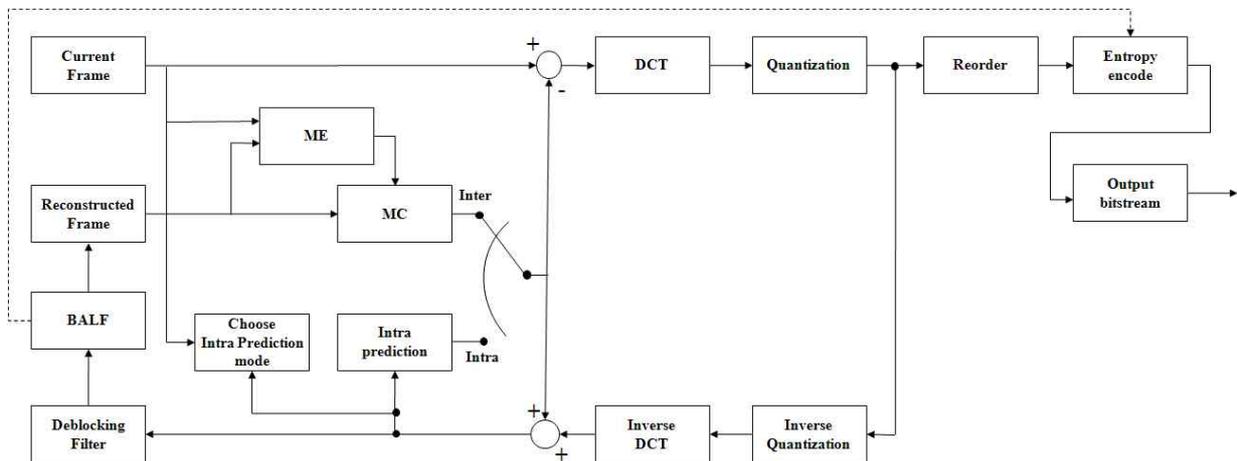


그림 1. BALF를 포함한 부호화기의 블록도

Fig. 1. Block diagram of the H.264/AVC encoder including BALF module.

필터를 추가로 전송하는 방법이다.

본 논문에서는 압축된 영상의 블럭을 해당 블럭에 적용된 정수변환의 크기에 따라 신호적 특성이 다른 내부와 경계 영역으로 분리하고 각 영역에 대하여 원본 영상과 유사해지는 최적의 필터를 구하여 선택적으로 전송하는 방법을 제안한다. 블럭 단위의 정수변환 및 양자화를 수행함으로써 블럭의 내부와 경계의 오차 특성이 다르게 발생하며, 이를 근거로 정수변환의 크기를 기준으로 경계와 내부를 구분한다. 분리된 각 영역에 대한 최적필터를 생성하여 선택적으로 적용함으로써 블럭의 일부 영역에서만 필터링 연산이 수행되어 복호화의 복잡도 조절이 가능하게 된다. II 장에서는 기존의 비디오 압축 표준에서 사용되는 정수변환의 특징과 이에 따라 달라지는 블럭의 경계와 내부의 특성에 대해서 설명하고, III 장에서는 블럭 기반의 적응적 루프필터(BALF)에 대하여 알아본다. IV 장에서는 본 논문에서 제안하는 방법을 설명하고, V장에서는 이에 따른 실험 결과를 제시한 뒤 VI장으로 결론을 맺는다.

II. DCT 기반의 정수 변환

H.264/AVC에서 사용되는 정수변환은 DCT(이산 역현 변환, Discrete Cosine Transform)을 기반으로 하여 이를 정수로 근사화 시킨 것이다.<sup>[8]</sup> 4x4 DCT의 수식은 다음 식 1과 같다.

$$F_{x,y} = C(x)C(y) \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 f_{i,j} \cos\left(\frac{(2i+1)x\pi}{4}\right) \cos\left(\frac{(2j+1)y\pi}{4}\right) \quad (1)$$

$$C(x), C(y) = \begin{cases} \sqrt{1/N} & x,y = 0 \\ \sqrt{2/N} & x,y \neq 0 \end{cases}$$

위 식의 기저 계수를 치환하여 다음의 수식 (2)와 같은 형태의 행렬로 표현할 수 있다.

$$Y = AXA^T = \begin{bmatrix} a & a & a & a \\ b & c & -c & -b \\ a-a & -a & a & a \\ a-b & b & -c & -c \end{bmatrix} [X] \begin{bmatrix} a & b & a & c \\ a & c & -a & -b \\ a & -c & -a & b \\ a & -b & a & -c \end{bmatrix}$$

$$a = \frac{1}{2}, b = \sqrt{\frac{1}{2}} \cos\left(\frac{\pi}{8}\right), c = \sqrt{\frac{1}{2}} \cos\left(\frac{3\pi}{8}\right) \quad (2)$$

기저의 계수들을 정수형으로 표현하면 다음 식 (3)과 같다.

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & -2 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -2 & 2 & -1 \end{bmatrix}$$

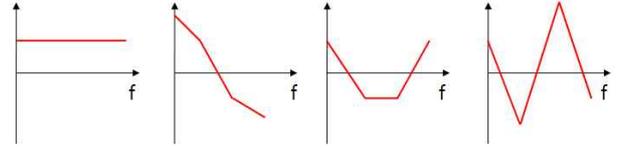


그림 2. H.264/AVC의 정수변환 기저의 특성  
Fig. 2. Characteristics of integer transform of the conventional H.264/AVC.

표 1. 영상 내 블럭의 경계/내부 영역에 대한 QP별 분산  
Table 1. Variance of inner/boundary region for each QP.

QP	22		27		32		37	
영상	경계	내부	경계	내부	경계	내부	경계	내부
City_corr	6.84	6.15	16.47	14.62	32.18	29.04	60.06	55.49
BigShips	6.58	6.26	13.82	13.28	25.63	24.78	44.36	43.09
Crew	4.67	4.24	7.93	7.34	12.62	11.88	19.99	19.07
Night	5.17	4.57	11.80	10.60	23.96	21.89	46.96	43.15

$$Y = \left( \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & -2 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -2 & 2 & -1 \end{bmatrix} [X] \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -2 \\ 1 & -1 & -1 & 2 \\ 1 & -2 & 1 & -1 \end{bmatrix} \right) \otimes \begin{bmatrix} a^2 & \frac{ab}{2} & a^2 & \frac{ab}{2} \\ \frac{ab}{2} & \frac{b^2}{4} & \frac{ab}{2} & \frac{b^2}{4} \\ a^2 & \frac{ab}{2} & a^2 & \frac{ab}{2} \\ \frac{ab}{2} & \frac{b^2}{4} & \frac{ab}{2} & \frac{b^2}{4} \end{bmatrix} \quad (3)$$

식 (3)의 정수변환 기저를 그래프에 나타내면 그림 2와 같다.

그림 2와 같이 H.264/AVC에 채택된 정수변환의 기저 함수는 양쪽 경계 부근의 값이 상대적으로 커, 양자화시 양자화 오차가 크게 발생할 것이다. 이러한 정수변환 기저의 특성으로 인하여, 복원된 영상의 블럭 간에 블러킹 열화가 발생한다. 표 1은 H.264/AVC에 의하여 부호화 된 비디오에 대한 복호화 영상의 8x8 블럭 내부에서의 평균 분산을 각 양자화 파라미터 값에 따라 측정된 결과를 나타낸다.

표 1의 결과에 따르면, H.264/AVC의 부호화 과정에서 발생하는 양자화 에러는 디블러킹 필터를 적용한 이후에도 블럭의 경계 영역에서 더 높은 분산 값을 보임을 알 수 있다.

### III. 기존의 블록 기반의 적응적 루프필터 (BALF)

기존의 블록 기반 적응적 루프 필터 방법은 부호화 과정에서 복호화된 영상과 원본 영상의 에러를 최소화 하는 Wiener필터와 필터를 적용할 영역을 블록 단위로 결정하여 비트스트림에 추가한다.<sup>[11]</sup> 부호화 과정에서 BALF의 사용 여부를 결정하는 블록도는 그림 3과 같다.

그림 3과 같이 디블리킹 필터가 적용된 복원 영상과 원본 영상을 입력으로 하여 BALF를 적용할지 적용하지 않을지에 대한 결정을 율-왜곡 최적화를 통하여 수행할 수 있다. 또한, BALF를 적용할 때, 결정된 필터를 프레임 전체에 적용할지 블록 단위로 적용할지에

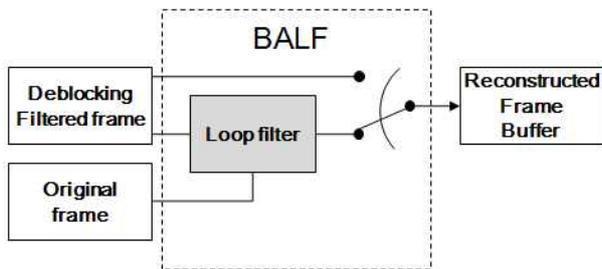


그림 3. BALF on/off 결정에 대한 블록도  
Fig. 3. Block diagram for BALF on/off decision.

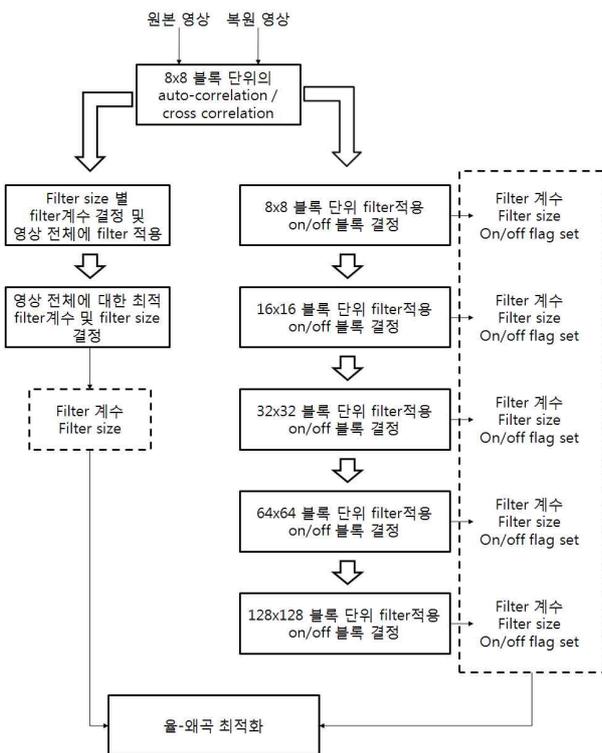


그림 4. BALF의 필터 결정 방법  
Fig. 4. BALF filter decision.

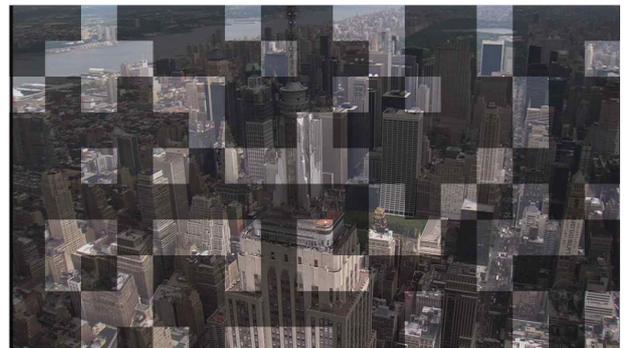


그림 5. BALF의 블록 단위 필터 적용 영역의 예  
Fig. 5. A frame showing blocks that BALF is applied.

대한 정보 또한 율-왜곡 최적화를 수행함으로써 결정될 수 있다.<sup>[12]</sup> BALF의 필터 결정 방법은 그림 4와 같다.

그림 4와 같이 기존의 BALF는 8×8~128×128까지의 다양한 블록 크기 각각에 따른 필터 정보를 구하여 복원 영상에 적용함으로써 추가되는 필터정보들 중 가장 높은 압축 성능을 내는 필터정보를 선택하여 비트스트림에 추가한다. 그림 4에서 adaptive\_loopfilter\_flag는 복원 영상에 대한 BALF 적용 여부를 의미한다. 이에 대하여 block\_adaptive\_control\_flag는 해당 필터를 영상 전체에 동일하게 적용할 것인지, 아니면 블록 단위로 적용할 것인지를 의미한다. 만일 블록 단위로 필터를 적용하는 방법이 가장 높은 성능을 보인다면, block\_adaptive\_control\_flag는 1로 셋되고, on/off정보가 추가된다. 결정된 필터와 on/off 정보에 따라서 해당 필터를 블록단위로 적용한 실행 예는 그림 5와 같다.

### IV. 제안하는 블록 내부/경계 분리형 적응적 루프필터

기존의 블록 기반의 적응적 루프필터 방법은 높은 부호화 성능에 반해, 2차원 필터의 공간축 컨볼루션 연산으로 인한 높은 복호화 복잡도를 수반한다. 이와 같이 높은 복잡도를 갖는 비디오 코덱은 모바일 장치와 같은 제한적인 리소스를 가진 환경에서 동작되기 힘들다는 한계가 존재한다. 따라서, 모바일 환경과 같이 제한된 리소스를 갖는 환경에서는 일부 영역에 대해 선택적으로 필터를 적용함으로써 부호화 성능이 저하되지만, 동시에 복호화 복잡도를 감소시킴으로써 원활한 동작이 가능할 수 있다. 이러한 기능을 위하여 본 논문에서는 블록을 경계와 내부 영역으로 구분하여 적응적 루프필터를 적용하는 방법을 제안한다.

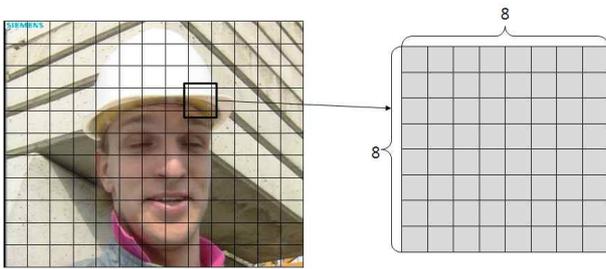


그림 6. BALF의 참조 영역  
Fig. 6. Reference region of BALF.

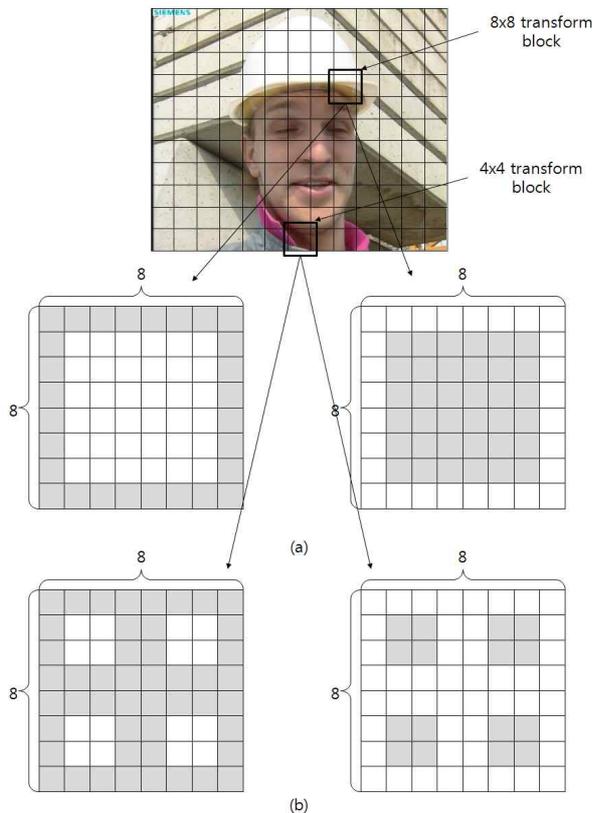


그림 7. 제안한 방법의 정수변환 크기에 따른 경계/내부 참조 영역  
Fig. 7. Reference inner/boundary region of the proposed method for each transform block.

그림 6은 기존의 BALF의 필터 생성과정에서 참조되는 단위블록의 참조영역을 나타낸다. 그림 6과 같이 BALF는 블록의 참조에 있어서 블록 내부의 모든 영역을 참조하여 최적 필터를 구한다. 본 논문에서 제안하는 방법의 참조 영역을 그림 7과 그림 8에 나타내었다. 그림 7과 그림 8과 같이 참조 영역에 대하여 유사한 신호적 특성을 갖는 영역을 분리하는 기준은 3장에서 기술한 것과 같이 블록의 경계와 내부 영역이다. 원본 영상과 비교하여 서로 다른 에러의 평균 분산 값을 갖는 블록의 경계와 내부 영역은 신호적 특성이 다르다고 할

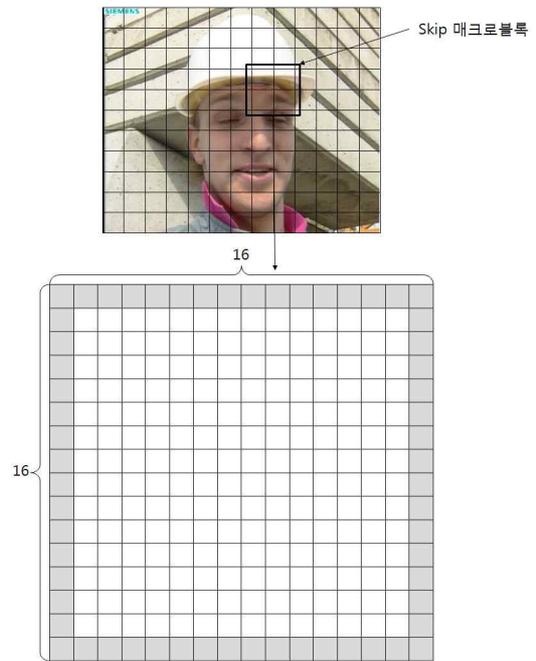


그림 8. Skip 매크로블록에 대한 경계/내부 참조 영역  
Fig. 8. Reference region of the proposed method for Skip macroblock.

수 있다. 이러한 평균 분산이 블록의 경계와 내부 영역에서 다르게 측정되는 이유는 정수변환을 수행하고 양자화하기 때문이며, 이에 따라 제안하는 방법에서는 정수변환 크기에 따라 그림 7과 같이 Wiener필터의 참조영역을 구분한다. 만일, 특정 블록이 부호화 될 때 8x8 크기의 정수 변환을 수행하였다면 그림 7의 (a)와 같이 참조 영역이 구분되고, 4x4 크기의 정수 변환을 수행하였다면 그림 7의 (b)와 같이 구분될 것이다. 이는 H.264/AVC에서 4x4, 8x8 정수변환을 사용하기 때문이다. 이에 추가적으로 skip 매크로블록에 대한 경우를 고려하기 위해 그림 7과 같은 형태의 참조 영역을 추가하였다.

16x16크기의 블록에 대한 예측을 수행하였을 경우, 최소 에러를 갖는 참조 블록이 바로 이전 프레임 내에 존재하고, 움직임 벡터 예측을 수행한 결과가 실제 해당 블록의 움직임 벡터와 일치하며, 정수변환 및 양자화 이후의 계수들이 모두 0일 경우 해당 매크로 블록은 skip모드로 결정된다. 이때의 디블리킹 필터는 16x16블록의 경계에만 적용된다. 따라서 skip 모드로 결정된 블록에 대하여 제안한 방법을 적용할 경우에는 그림 8과 같이 16x16 블록의 경계만을 참조하여 필터를 구한다.

제안하는 방법의 필터 결정 방법은 그림 9와 같다. 그림 7과 그림 8의 경계/내부 참조 영역에 대하여 5x5,

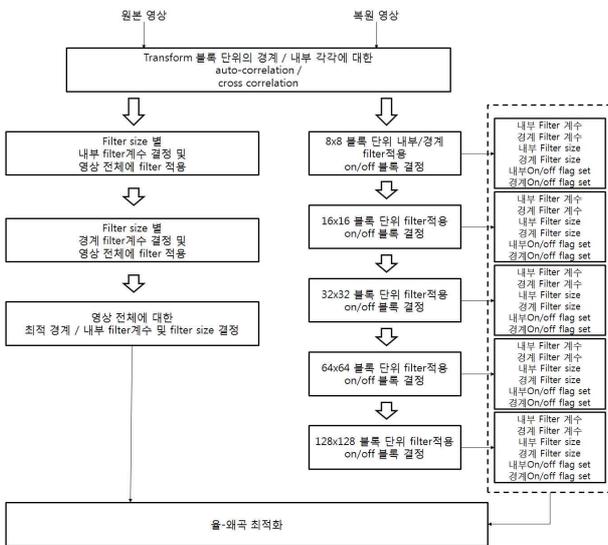


그림 9. 제안한 방법의 필터 결정 방법  
Fig 9. Filter decision for the proposed method.



그림 10. 정수 변환의 크기에 따른 제안한 방법의 적용 예  
Fig. 10. A frame showing blocks that the proposed method is applied for each transform size.

7×7, 9×9 크기의 내부 및 외부 필터 각각에 대한 필터 계수 및 블록의 on/off 정보를 구한다.

본 논문에서 제안하는 바와 같이, 부호화기에서는 경계와 내부 영역에 대한 필터 중 한 영역을 선택하거나 모든 영역에 필터를 적용할 수 있다. 제안하는 경계/내부 분리형 적응적 루프필터 방법을 사용하여 필터를 구하고, 이를 적용한 영역의 예는 그림 10과 같다.

### V. 실험 결과

본 논문에서 제안하는 블록 내부/경계 분리형 적응적 루프필터에 대한 성능을 평가하기 위하여 KTA 2.2에 제안한 방법을 적용하였다. 제안한 방법에 대한 실험 조건은 표 2와 같다.

표 2. 제안한 방법의 성능 측정을 위한 실험 조건  
Table 2. Test condition for evaluation of the proposed method.

Profile	High profile
부호화 방법	CABAC
QP	22, 27, 32, 37
8×8 transform	사용

표 3. 720p 시퀀스에 대한 BALF의 성능  
Table 3. Test results of BALF for 720p sequences.

Sequence	QP	BALF off		BALF		BD-PSNR	BD-Bitrate
		bitrate	PSNR	bitrate	PSNR		
City_corr	22	25292240	40.27	23844852	40.66	0.56	-16.85
	27	6134410	36.32	5502855	36.58		
	32	1828333	32.94	1635594	33.17		
	37	796349	29.71	773600	30.12		
BigShips	22	14376960	40.13	14175373	40.24	0.31	-10.20
	27	4299335	36.66	4093264	36.75		
	32	1445965	33.58	1310579	33.74		
	37	594422	30.86	556195	31.15		
Crew	22	13080202	41.79	12682122	41.98	0.23	-8.80
	27	3817683	39.24	3730957	39.38		
	32	1581715	36.97	1532445	37.15		
	37	737312	34.58	729085	34.81		
Night	22	28348902	41.31	27725674	41.60	0.24	-6.13
	27	10247251	37.58	9983120	37.75		
	32	4011699	34.27	3959306	34.40		
	37	1807443	31.15	1802461	31.30		
					avg.	0.34	-10.49

표 4. BALF 대비 내부/경계 영역 필터 적용 성능  
Table 4. Performance evaluation of the proposed method compared to BALF.

Sequence	QP	BALF		inner+boundary		BD-PSNR	BD-Bitrate
		bitrate	PSNR	bitrate	PSNR		
City_corr	22	23844852	40.66	23782324	40.65	-0.02	0.75
	27	5502855	36.58	5478515	36.55		
	32	1635594	33.17	1638790	33.13		
	37	773600	30.12	773824	30.09		
BigShips	22	14175373	40.24	14141366	40.23	-0.03	1.03
	27	4093264	36.75	4085959	36.72		
	32	1310579	33.74	1312138	33.71		
	37	556195	31.15	558515	31.12		
Crew	22	12682122	41.98	12675440	41.96	-0.03	1.23
	27	3730957	39.38	3734912	39.36		
	32	1532445	37.15	1537466	37.11		
	37	729085	34.81	729430	34.76		
Night	22	27725674	41.60	27707596	41.58	-0.02	0.53
	27	9983120	37.75	9982707	37.73		
	32	3959306	34.40	3964231	34.37		
	37	1802461	31.30	1802259	31.26		
					avg.	-0.03	0.89

제안한 방법에 대한 실험은 VCEG 표준 시퀀스 중 720p(1280×720) 시퀀스 4개에 대하여 수행하였으며, 본 논문에서는 제안한 알고리즘에 대한 성능 분석을 위하여 BD-bitrate와 BD-PSNR을 사용하였다.<sup>[13]</sup>

표 3은 기존의 BALF의 성능을 나타낸다. 기존의 BALF는 BALF를 사용하지 않은 실험결과 대비 약 10.5%의 비트율 감소를 보인다. 이에 대하여 제안한 방법 중 내부와 경계 영역 각각에 대하여 필터를 구하고, 두 영역 모두에 적용한 실험 결과는 표 4와 같다. 표 4와 같이 내부/경계 영역 전체에 필터를 적용한 결과는 BALF 대비 약 0.9%의 비트율 증가를 보였다. 이는 두 영역 각각에 대한 필터를 적용할 경우 두 개의 필터를 전송함에 따라 필터계수, 필터링 블럭의 크기, on/off 정보 등이 추가적으로 발생하기 때문이다.

III장에서 설명한 것과 같이 더블릭킹 필터가 적용된 후에도 복호화 된 영상의 경계 영역에서 원본 영상에 대한 에러의 분산이 내부 영역에 비해 크게 발생한다. 이는 더블릭킹 필터가 복호화된 영상의 객관적 화질 보다는 주관적 화질에 더 많은 영향을 준다는 것을 의미한다. 이에 따라 블록을 경계와 내부 영역으로 나누어 경계 영역에 대해서만 제안한 방법을 적용한 실험 결과는 표 5와 같다.

표 3에서의 BALF의 성능이 약 10.5%임을 상기하고, 이에 대하여 경계 영역에 대해서만 제안한 필터를 적용

표 5. 경계 영역 필터의 적용 성능  
Table 5. Performance evaluation of boundary region filtering method compared to BALF.

Sequence	QP	BALF off		only boundary		BD-PSNR	BD-Bitrate
		bitrate	PSNR	bitrate	PSNR		
City_corr	22	25292240	40.27	24140916	40.57	0.50	-15.34
	27	6134410	36.32	5494970	36.54		
	32	1828333	32.94	1636787	33.11		
	37	796349	29.71	775888	30.08		
BigShips	22	14376960	40.13	14143894	40.23	0.25	-8.35
	27	4299335	36.66	4114618	36.71		
	32	1445965	33.58	1320246	33.68		
	37	594422	30.86	558557	31.10		
Crew	22	13080202	41.79	12754755	41.93	0.11	-4.19
	27	3817683	39.24	3771181	39.32		
	32	1581715	36.97	1571549	37.03		
	37	737312	34.58	740317	34.64		
Night	22	28348902	41.31	27776774	41.53	0.15	-3.84
	27	10247251	37.58	10007734	37.69		
	32	4011699	34.27	3970535	34.30		
	37	1807443	31.15	1801178	31.18		
				avg.		0.25	-7.93

표 6. 경계영역 필터에 대한 필터링 속도 측정 결과  
Table 6. Complexity evaluation of boundary region filtering method compared to BALF.

Sequence	QP	ATS(%)
City_corr	22	36.50
	27	35.65
	32	40.45
	37	28.60
BigShips	22	39.23
	27	36.46
	32	38.75
	37	42.20
Crew	22	34.08
	27	29.16
	32	26.16
	37	40.34
Night	22	30.37
	27	36.10
	32	38.36
	37	35.48
	avg	35.49

한 결과는 약 7.9%의 압축 성능 향상을 보였다. 이는 기존의 BALF에 비하여 약 2.56%의 성능 감소를 의미한다. 그러나 경계 영역에 대한 필터만을 적용할 경우 복호화기에서 필터링 복잡도 감소에 대한 제안한 방법의 성능은 표 6과 같다.

표 6을 통하여 복호화기에서 BALF 대비 경계 영역 필터링의 복잡도 성능이 약 35.5%임을 알 수 있다. 이는 블럭의 전체 영역에 대한 필터링을 수행하는 BALF 대비 경계 영역에 대한 필터링만을 수행할 경우 저하된 압축 성능에 대하여 상당한 양의 복잡도 성능 향상을 의미한다.

## VI. 결 론

본 논문에서는 정수 변환의 크기에 따라 블럭의 내부/경계 영역을 구분하여 해당 영역 각각에 대한 Wiener 필터를 구하고, 이를 선택적으로 적용함으로써 부호화기에서의 필터링 속도를 향상시키는 방법을 제안하였다. 제안하는 방법에 대하여 실험을 수행한 결과, 영상의 내부와 경계 영역에 필터를 적용한 경우는 BALF 대비 약 0.9%의 성능 저하를 보였다. 또한 블럭의 경계에 대한 필터만을 적용한 경우는 BALF 대비 약 2.56%의 성능이 저하에 대하여 필터링 복잡도는 약 35.5% 감소하였다. 기존의 방법인 BALF는 높은 압축 성능을 제공하는 틀이지만, 높은 복호화 복잡도가 요구된다. 제안

한 방법을 통하여 부호화 과정에서 필터의 적용 영역을 선택 가능하도록 함으로써 영상의 압축 성능과 부호화 복잡도를 조절할 수 있는 유연성을 제공할 수 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] Thomas Wiegand, Gary J. Sullivan, Gisle Bjontegaard, and Ajay 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, July 2003.
- [2] ISO/IEC, "ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 Coding of moving picture and audio," *Draft of version 4 of ISO/IEC 14496-10(E) MPEG/N7081*, Apr. 2005.
- [3] Gary J. Sullivan, "The H.264/MPEG4 advanced video coding standard and its applications," *IEEE Communications Magazine*, pp. 134-143, August, 2006
- [4] Iain E.G. Richardson, "H.264 and MPEG-4 video compression for next-generation multimedia," *Wiley*, pp.177-184, 2003
- [5] ISO/IEC, "Generic coding of moving pictures and associated audio - Part 2: Video," *ISO/IEC 13818-2*, 2000.
- [6] Arundhati Tamhankar and K. R. Rao, "An overview of H.264/MPEG-4 part 10," *4th EURASIP Conference on Video/Image Processing and Multimedia Communications*, vol. 1, pp. 1-51, June 2003.
- [7] Iain E. G. Richardson, "H.264 and MPEG-4 video compression," *John Wiley & Sons Ltd*, pp. 187-198, 2003.
- [8] 조현호, 남정학, 정광수, 심동규, 조대성, 최웅일, "저 복잡도 비디오 부호화기를 위한 더블러킹 필터", *대한 전자공학회, 전자공학회 논문지 제 47권 / SP편 3호*, pp. 32-43, 2010년 5월
- [8] B. Zeng and J. Fu, "Directional discrete cosine transforms for image coding," *IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME'2006)*, pp. 721-724, July 2006.
- [9] Detlev Marpe, "Context-based adaptive binary arithmetic coding in the H.264/AVC video compression standard," *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 13, pp. 560-576, July 2003.
- [10] Detlev Marpe, Heiko Schwarz, Gabi Blattermann, Guido Heising, and Thomas Wiegand "Context-based adaptive binary arithmetic coding JVT/H.26L," *IEEE International Conference on Image Processing (ICIP'02)*, vol. 2, pp. 513-516, Sept. 2002.
- [11] Takeshi Chujoh, Goki Yasuda, Naofumi Wada, Takashi Watanabe, and Tomoo Yamakage, "Block-based adaptive loop filter," *ITU - T Q.6/SG16 VCEG, VCEG-M35*, Berlin, Germany, July 2008.
- [12] G. Sullivan and T. Wiegand, "Rate-distortion optimization for video compression," *IEEE Signal Proc. Magazine*, pp. 74-90, November, 1998.
- [13] Gisle Bjontegaard, "Calculation of average PSNR differences between RD-curves," *ITU-T Q.6/SG16 VCEG, VCEG-M33*, Texas, USA, April 2001.

## — 저 자 소 개 —



임 웅(학생회원)  
2008년 광운대학교 컴퓨터공학과  
학사  
2010년 광운대학교 컴퓨터공학과  
석사  
2010년~현재 광운대학교 컴퓨터  
공학 박사과정.

<주관심분야 : 영상압축, 컴퓨터 비전, 영상신호  
처리>



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

<주관심분야 : 영상압축, 멀티프로세서>



심 동 규(정회원)  
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 : 영상신호처리, 영상압축, 컴퓨터  
비전>



정 광 수(정회원)  
2008년 광운대학교 컴퓨터공학과  
학사  
2010년 광운대학교 컴퓨터  
공학과 석사  
2010년~현재 LG전자(주)

<주관심분야 : 영상신호처리, 영상압축, 영상 화  
질측정>



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, 영상압축>



최 병 두(정회원)  
2007년 고려대학교 전자컴퓨터  
공학과 공학박사  
2007년~2008년 독일 Fraunhofer  
Heinrich-Hertz-Institut  
연구소 방문 연구원  
2009년 고려대학교 BK21  
연구 교수

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