

특집논문-02-07-4-05

## H.26L 동영상 부호화 방식의 화질 개선을 위한 루프 필터

홍민철\*

### An Efficient Loop Filter to Improve Visual Quality of H.26L Video Coder

Min-Cheol Hong\*

#### 요 약

본 논문에서는 H.26L 동영상 부호화 표준 방식의 블록화 현상 및 링 현상을 효과적으로 제거하여 화질 개선된 영상을 얻기 위한 루프 필터 방식에 대한 제안한다. 기존 동영상 부호화 방식과 다른 형태의 움직임 보상 및 변환 방식을 기반으로 하는 H.26L 동영상 압축 방식의 블록화 현상 및 링 현상의 정도는 부호화 형태, 양자화 크기 및 움직임 정도에 의해 다르게 표현되므로 제안 방식에서는 상기 정보에 따라 필터 형태 및 필터 계수가 다르게 설정되도록 하였으며, 필터 과정에서 발생할 수 있는 과잉 열화 현상을 줄이기 위한 제약 조건을 투영 연산 과정을 통해 정의하였다. 상기 부가 정보는 부호화부 및 복호화부 과정에서 이용 가능하므로 루프 필터 형태로 이용했으며, 부호화부 및 복호화부의 계산량을 절감하기 위해 알고리즘을 단순화 시켰다. 제안된 방식의 성능을 실험을 통해 확인할 수 있었다.

#### Abstract

This paper addresses an efficient loop filter algorithm to improve visual quality by simultaneously reducing blocking and ringing artifacts in H.26L video coder. H.26L video coding standard using the different coding mechanism to existing video coding standards has different distribution of blocking and ringing artifacts that is dependent on coding type, quantization step size, and motion vector. Therefore, the information is used to define the filter type and the filter coefficients, and a projection operator is defined to avoid the over-smoothness. In addition, in order to avoid over-smoothing coming from filtering processing, a constraint projection operator is defined. Since the above information is available both in encoder and in the decoder, a loop filter is used, and the algorithm is simplified to reduce the computational cost. Experimental results show the capability of the proposed algorithm.

#### I. 서 론

동영상 압축 방식은 시간 및 공간 영역에서 존재하는 과잉 정보 (redundancy)를 제거하여 압축 효율을 개선하고자 했으며, 이러한 노력은 지난 30여년간 지속적으로 계속되어

왔으며, 다양한 유선 및 무선 통신 시스템, 패키지계 미디어 및 방송계 미디어의 멀티미디어 동영상 서비스를 위해 표준 방식을 제정하여 왔다.<sup>[1]</sup>

일반적으로 공간적 과잉 정보는 2차원 영상 신호를 특정 변환 방식을 이용하여 에너지 집약성(energy compaction)을 높이고 양자화 과정을 거쳐 제거되고, 시간적 과잉 정보는 움직임 벡터 예측 및 움직임 보상 방식을 이용하여 제거된다.<sup>[1]-[5]</sup> 양자화 과정은 전통적인 정지 영상 및 동영상 부호화 방식의 핵심 부분으로 사용되어 왔으나, 전송 비트율이 낮아짐에 따라, 현존하는 표준화 부호화 방식을 포함

\* 송실대학교 정보통신전자공학부  
School of Electronic Engineering, Soongsil University

\*\* 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구 R01-2002-000-00073-0지원으로 수행되었음.

하여 대부분의 부호화 방식은 양자화 과정에 의한 정보 손실로 인해 복원 영상에 화질 저하를 초래하게 되며, 압축 효율이 높을수록 화질 저하의 정도는 심하게 발생한다.<sup>[1][3][5]</sup> 양자화 과정은 정지 및 동영상에 직접 적용될 수도 있으며, 특정 변환(transformation) 방식을 이용한 변환 계수 또는 시리즈(series) 계수에 적용될 수도 있다. 예를 들면, 움직임 보상(motion compensation) 영상과 원 영상의 오차 영상에 대한 이산 여현(DCT: Discrete Cosine Transform) 계수 또는 다중 해상도(multi-resolution) 웨이브릿(wavelet) 계수에 적용할 수도 있다. 특정 변환 방식은 영상 전체에 적용할 수도 있고, 임의의 영상을 블록 단위로 분리(segmentation)한 후, 블록간의 겹침(overlapping)이 존재하거나 겹침이 존재하지 않도록 하여 적용할 수 있다.<sup>[3][5]</sup> 전형적인 양자화 과정은 양자화 변수가 크게 설정되어 거칠게 양자화될수록 압축 효율이 높아지게 되나, 압축 효율이 높아짐에 따라 양자화 과정에 의한 정보 손실량은 많아지게 되고 이에 따라 화질 저하 현상은 심하게 나타난다.

화질 저하 현상을 발생시키는 요소는 대표적인 하이브리드 동영상 부호화 방식에서는 두 형태로 분류할 수 있는데 블록화 현상과 링 현상이 이에 해당된다. 블록화 현상은 (1) 영상을 블록 단위로 분리하여 블록 단위의 독립적인 처리로 인하여 블록간의 상관관계가 배제되고, (2) 양자화 과정에 기인한 저주파 성분의 정보 손실에 의해 발생하게 된다. 반면에 링 현상은 양자화 과정에서 발생하는 고주파 성분의 정보 손실에 기인하며, 배경 화면에서 움직임이 많은 물체 부근에서 물결과 형태로 존재하게 된다. 이와 같은 블록화 현상 및 링 현상을 제거하기 위한 방식은 오랜 기간 개발되어 왔으나, 상당한 계산량을 요구하여 동영상 방식에 적용하기에 어려움이 있다.<sup>[13]-[17]</sup>

ITU-T는 새로운 통신 환경에 대처할 더욱 향상된 동영상 압축 방식 필요성에 따라 1998년 이후 H.26L로 명명된 차세대 부호화 방식 개발에 노력을 기울여 왔다. H.26L 방식은 객관적 성능 및 주관적 화질 측면에서 기존의 동영상 표준 압축보다 우월함이 입증되었고, 2001년 12월 파타야 회의에서는 H.26L 방식을 기반으로 ISO/IEC의 MPEG과 ITU-T의 VCEG(Video Coding Expert Group)이 하나의 표준을 제정하기로 합의하고 양기관 전문가 연합팀(JVT: Joint Video Team)을 공식적으로 출범시켰다.<sup>[18]</sup> H.26L 방식은 4x4 블록 크기의 정수 이산 여현 변환과 함께, 가변 블록 크기의 움직임 벡터 예측, 다양한 방향성을 갖는 인트라 부호화 방식 및 다중 참조 프레임 추정 방식등의

기술적인 특징을 갖고 있다. H.26L 방식은 4x4 블록 단위의 부호화 및 공간 예측 방식을 사용하므로 양자화된 변환 계수들의 분포가 기존의 8x8블록 단위 기반의 기존 동영상 부호화 표준 방식들과 다르게 표현된다. H.26L 방식의 압축 효율이 기존 방식보다 40(%) 이상 개선되었으나, 작은 블록 크기의 변환으로 인해 시각적으로 불편한 현상이 특히 낮은 비트율에서 심각하게 나타난다. 그러므로, 만족스러운 화질의 압축된 동영상을 얻기 위해 효율적인 필터 기법이 요구된다.

일반적으로 블록화 및 링 현상은 각 블록의 부호화 형태, 양자화 크기, 참조 프레임 및 움직임 벡터 크기에 따라 다르게 나타난다. 그러므로, 상기와 같은 정보를 제약 조건으로 이용하면 효과적으로 시각적 노이즈 현상을 제거할 수 있으며, 이와 같은 부가 정보를 이용하기 위해 부호화부 및 복호화부 내에서 존재하는 루프 필터 형태를 구성하는 것이 바람직하다고 할 수 있다. 그러나, 루프 필터는 부호화부 및 복호화부의 계산량을 증대시킬 수 있으므로 저 계산량의 효과적인 필터를 구현하는 것이 바람직스럽다고 할 수 있다. 본 논문에서는 위에서 기술한 부가 정보에 따라 루프 필터의 형태 및 계수들을 적응적으로 처리하는 방식에 대해 기술한다. 더불어, 필터 과정에서 발생하는 과잉 열화 현상을 방지하기 위해 양자화 크기에 따라 설정된 제약 조건을 정의하였으며, 이와 같은 제약 조건을 이용하여 투영 연산자를 사용하였다. 더불어, 계산량의 절감을 위하여 필터 계수 및 투영 연산시 필요한 제약 조건을 단순한 형태의 룩업 테이블(Look-Up Table)로 구성하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2절에서는 각 블록에 대한 부가 정보를 이용하여 블록화 정도를 분류하는 방식과 블록 현상이 존재하는 화소를 검출하기 위한 과정에 대해 기술하며, 3절에서는 2절에서 정의된 블록화 정도에 따른 필터 방식과 투영 기법에 대해 설명한다. 마지막으로 4절과 5절에서는 실험 결과 및 결론에 대해 다룬다.

## II. 블록화 정도 분류 방식

제안된 루프 필터는 1차원 형태를 취하고 있다. 예를 들어, 제안한 1차원 필터를 압축 복원된 영상에 수평 방향으로 실행하고, 수평 방향으로 필터화된 영상을 수직 방향으로 같은 형태의 필터를 이용하여 최종 복원 영상을 얻게

된다. 그림 1에 수평 및 수직축 방향의 블록 위치에 대한 예가 도시되어 있다.

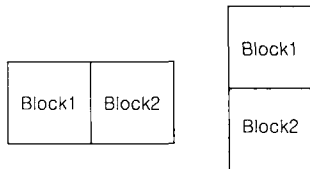


그림 1. 블록의 수평 및 수직 방향의 예  
Fig. 1. Example of block position in horizontal and vertical direction

양자화 또는 움직임 보상에 기인한 영상 왜곡은 원 영상과 비교하여 신호간의 불균일 정도가 크게 존재 하며, 화소간의 불균일 정도는 각 블록의 부호화 형태, 양자화 스텝 크기, 움직임 벡터의 크기 및 신호 형태에 따라 다르게 발생한다. 예를 들어, 인트라(intra) 블록 내의 화소들의 불균일 정도가 인터 블록 (inter) 블록 내의 화소보다 적게 나타나며, 블록 경계 영역의 화소들의 블록화 현상이 블록 내부의 화소의 블록화 현상보다 적게 발생한다. 또한, 인터 블록의 움직임 벡터가 인접 블록의 움직임 벡터와 큰 차이가 나타나면, 블록화 현상이 커지고 양자화 크기가 커짐에 따라 블록화 현상 정도는 크게 존재한다. H.26L은 동영상 압축 표준 방식 색신호를 표현하기 위해 YUV 포맷을 기본으로 사용하고 있다. 상기 신호를 압축하기 위해 각 색신호 Y,U 및 V 신호를 독립적으로 변환 및 양자화 과정을 수행하게 된다. 양자화 과정을 거치면서 발생하는 블록화 현상은 Y,U 및 V 신호의 특성이 다르므로 각기 다른 형태로 존재한다. 본 제안 방식에서는 Y,U 및 V의 신호 형태의 특성에 따른 필터 계수를 달리 설정하여 효과적으로 블록화 현상을 제거하고자 했다.

이미 기술한 바와 같이 블록화 현상의 정도는 각 블록의 부호화 정보에 따라 다르게 발생하므로 전처리 과정에서 처리하고자 하는 블록 및 인접 블록의 부호화 정보를 이용하여 처리 블록의 블록화 현상 정도를 결정하게 된다. 그림 2와 같이 블록 C의 strength를 Strength(C)라 하면, 다음과 같이 각 블록의 strength는 결정된다.

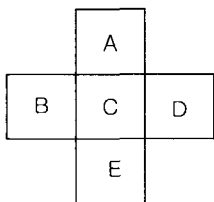


그림 2. 블록 strength 결정을 위한 예  
Fig. 2. Example for determining block strength

1. 각 4×4 블록의 Strength를 0로 초기화 한다.
2. 각 4×4 블록이 인트라로 부호화되거나 nonzero transform 계수를 갖고 있는 블록이 각 블록의 strength를 다음과 같이 결정한다.

$$\begin{aligned} \text{Strength}(C) &= \max(\text{Strength}(C), 2), \\ \text{Strength}(A) &= \max(\text{Strength}(A), 1), \\ \text{Strength}(B) &= \max(\text{Strength}(B), 1), \\ \text{Strength}(D) &= \max(\text{Strength}(D), 1), \\ \text{Strength}(E) &= \max(\text{Strength}(E), 1) \end{aligned} \tag{1}$$

3. 인접 블록 간의 움직임 벡터 차가 1이상이면 (예를 들어 블록 A와 C 비교시), 블록 strength는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{Strength}(A) &= \max(\text{Strength}(A), 1) \\ \text{Strength}(C) &= \max(\text{Strength}(C), 1) \end{aligned} \tag{2}$$

식 (1) 및 (2)에서 max(a,b)는 a 및 b의 최대값을 의미한다.

필터 과정을 위해 위와 같이 정의된 각 블록의 strength를 기반으로 그림 1의 block1의 strength 또는 block2의 strength가 0이 아닌 블록들에 대해 필터링하고자 하는 화소 들을 선택하는 과정을 우선 수행하게 된다. 이는 블록화 현상을 시각적으로 발생시키는 화소들 만을 선택적으로 처리하여 계산량을 줄일 수 있는 이점이 발생하며 블록화 현상이 존재하지 않는 화소를 불필요하게 필터 과정을 수행함으로써 발생하는 과잉 열화 현상을 줄일 수 있다.

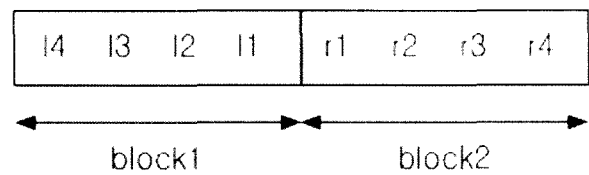


그림 3. 블록 간의 화소의 위치  
Fig. 3. Pixel position between blocks

그림 1의 block1 및 block2의 각 4개의 화소를 그림 3과 같이 나타낸 경우, 필터 과정을 수행할 화소는 다음과 같이 결정된다.

$$\begin{aligned} |l_i - l_{i+1}| \times i > \beta, \\ |r_j - r_{j+1}| \times j > \beta \quad \text{for } 1 \leq i, j \leq 3 \end{aligned} \tag{3}$$

block 1 및 block2필터 과정을 수행할 화소는 식(3)을 만

표1. 양자화 인덱스에 따른 임계치  
Table 1. Threshold as a function of quantization index

QP	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
$\beta$	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	4	4	4	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14

족사키는 최소  $i$  및  $j$ 값으로 정의되며,  $\beta$ 는 필터 화소 결정을 위한 임계치로서 TML9(Test Model Long-term number 9)에 기술된 양자화 인덱스에 따라 표 1과 같이 다르게 정의된다.

각 블록의 strength가 1보다 작거나 같은 경우  $i$  또는  $j$  값을 최대 2를 갖도록하고, 1보다 큰 경우 최대 3을 갖도록 정의한다. 즉, 식 (3)의  $i$  및  $j$ 는 다음과 같은 조건을 만족시키는 제약성을 갖도록 설정한다.

$$\begin{aligned} \max(i) &= \begin{cases} 2 & \text{if block1 strength} \leq 1 \\ 3 & \text{Otherwise} \end{cases} \\ \max(j) &= \begin{cases} 2 & \text{if block2 strength} \leq 1 \\ 3 & \text{Otherwise} \end{cases} \end{aligned} \quad (4)$$

식 (4)에서 결정된 최대  $i$  및  $j$ 는 block1 및 block2내 화소들간의 변화 정도를 나타내는 활동성 (activity)성에 해당되며, block1 및block2의 활동성을 기반으로 각 블록의 화소중 필터 과정에 수행하게될 화소는 표 2와 같이 같이 결정된다.

표 2. 블록의 활동성에 따른 필터 처리될 화소의 결정  
Table 2. Determination pixels for filtering according to block strength

Block1 활동성	화소 $l_1$	화소 $l_2$	Block2 활동성	화소 $r_1$	화소 $r_2$
1	필터 미수행	필터 미수행	1	필터 미수행	필터 미수행
2	필터 수행	필터 미수행	2	필터 수행	필터 미수행
3	필터 수행	필터 수행	3	필터 수행	필터 수행

예를 들어, 블록 2의 활동성이 2인 경우, 그림 3의  $r_1$ 만이 필터링되고  $r_2$ 는 필터링 되지 않는다.

### III. 적응적인 필터 방식

H.26L TML9에 기술되어 있는 필터링 방식은 양자화

크기에 무관한 저주파 통과 필터를 사용하여 저 압축률의 영상의 윤곽선 부분을 열화시키는 단점이 있다.<sup>[18]</sup> 이미 언급된 바와 같이, 양자화 스텝 크기에 따라 신호간의 불균일 정도가 다르게 나타나므로, 효과적인 블록화 현상 제거를 위해서는 필터 크기 및 필터 계수가 양자화 크기에 따라 블록 단위별로 다르게 정의되어야 한다. 이러한 열화 현상을 방지하고자 본 논문에서는 다음과 같이 양자화 크기, 블록 활동성 및 블록 경계 영역에서의 신호 불균일 크기에 따른 필터 방식을 제안한다. 더불어 블록화 현상은 신호의 형태에 따라 다르게 생성되므로, 휘도 성분인 Y 신호와, 색 신호 성분인 U 및 V 신호의 필터 계수를 달리 사용하여 신호 특성에 따른 적응적으로 블록화 현상을 제거한다. 또한 각 블록의 활동성 및 양자화 인덱스에 따라 블록화 현상이 다르게 나타나므로 다음과 같이 2가지 종류의 필터를 본 논문에서 사용하였다. 혼돈을 피하기 위해 필터화된 화소는 영문 대문자를 사용하였다.

#### 1. 강한 저주파 필터

그림 2의 블록1 및 블록 2의 활동성의 값이 3이고 블록 경계에서의 신호 불균일 값이  $[-(2-QP/4), (2-QP/4)]$ 에 위치한 경우 블록 간의 블록화 현상이 심한 경우이므로 다음과 같이 강한 저주파 필터를 사용한다.

$$\begin{aligned} L_1 &= (fcoef_2 \times (l_3 + r_2) + fcoef_1 \times (l_2 + l_1 + r_1) + 64) \gg 7 \\ L_2 &= (fcoef_2 \times (l_4 + r_1) + fcoef_1 \times (l_3 + l_2 + l_3) + 64) \gg 7 \\ L_3 &= (fcoef_2 \times (l_3 + l_1) + fcoef_1 \times (l_4 + l_3 + l_2) + 64) \gg 7 \\ R_1 &= (fcoef_2 \times (l_2 + r_2) + fcoef_1 \times (l_1 + r_1 + r_2) + 64) \gg 7 \\ R_2 &= (fcoef_2 \times (l_1 + r_4) + fcoef_1 \times (r_1 + r_2 + r_3) + 64) \gg 7 \\ R_3 &= (fcoef_2 \times (r_1 + r_3) + fcoef_1 \times (r_2 + r_3 + r_3) + 64) \gg 7 \\ fcoef_2 &= (128 - fcoef_1 \times 3) \gg 1 \end{aligned} \quad (5)$$

식 (5)에서  $\gg$ 는 우측 방향 시프트 (shift) 연산자를 의미하며, 필터 계수는 양자화 인덱스 및 신호 형태에 따라 표 3과 같이 설정된다.

표 3. 양자화 인덱스에 따른 강한 저주파 필터 계수 (a)휘도 성분 (b)색 신호 성분  
 Table 3. Filter coefficients of strong filter as a function of quantization index: (a)luminance (b)chrominance

QP	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
fcoef1	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	36	36	36	34	34
QP	17	17	18	19	20	20	21	22	22	23	23	24	24	25	25		
fcoef1	32	32	32	30	30	30	30	28	28	28	28	28	28	28	28		

(a)

QP	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
fcoef1	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	36	36	36	34	34
QP	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
fcoef1	32	32	30	30	30	28	28	28	28	26	26	26	26	26	26		

(b)

표 4. 양자화 인덱스에 따른 약한 저주파 필터 계수 (a)휘도 성분 (b)색 신호 성분  
 Table 4. Filter coefficients of weak filter as a function of quantization index: (a)luminance (b)chrominance

QP	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
fcoef1	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	34	34	32	32	30	30
QP	17	17	18	19	20	20	21	22	22	23	23	24	24	25	25		
fcoef1	28	28	26	26	26	26	26	24	24	24	24	24	24	24	24		

(a)

QP	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
fcoef1	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	34	34	32	32	30	30
QP	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
fcoef1	28	28	26	26	26	24	24	24	24	22	22	22	22	22	22		

(b)

위와 같은 경우에 해당되지 않는 블록들의 화소는 다음과 같은 약한 필터링 과정을 이용한다.

2. 약한 저주파 필터

$$\begin{aligned}
 R_1 &= (fcoef_2 \times (l_1 + r_2) + fcoef_1 \times r_1 + 32) \gg 6 \\
 L_1 &= (fcoef_2 \times (l_2 + r_1) + fcoef_1 \times l_1 + 32) \gg 6 \\
 R_2 &= (fcoef_2 \times (r_1 + r_3) + fcoef_1 \times r_2 + 32) \gg 6 \\
 L_2 &= (fcoef_2 \times (l_3 + l_1) + fcoef_1 \times l_2 + 32) \gg 6 \\
 fcoef_2 &= (64 - fcoef_1 \times 2) \gg 1
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

강한 필터 방식과 마찬가지로 식 (6)의 필터 계수도 신호 성분 에 따라 표 4와 같이 각기 다른 필터 계수를 사용한다.

위와 같이 정의된 필터 방식을 이용한 결과는 과잉 열화 현상이 존재할 수 있으므로 다음과 같은 투영 과정을 거치게 된다. 과잉 현상 정도는 양자화 인덱스 및 각 블록의 활동성에 따라 다르게 분포되므로, 본 논문에서 정의된 투영 연산 과정은 예를 들어,  $R_2$  경우 다음과 같은 투영 연산 과정을 처리하게 된다.

$$\begin{aligned}
 diff &= R_2 - r_2 \\
 R_2 &= \begin{cases} r_2 + clip(QP, activity) & \text{if } diff > clip(QP, activity) \\ r_2 - clip(QP, activity) & \text{if } diff < -clip(QP, activity) \\ R_2 & \text{otherwise} \end{cases}
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

식 (7)에 정의된 투영 연산 함수 clip(.)는 표 6에 정의되어 있다.

표 5. 양자화 인덱스 및 활동성에 따른 투영 함수 값  
Table 5. Projection value as a function of quantization index and activity

QP	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Clip(QP,1)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Clip(QP,2)	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Clip(QP,3)	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
QP	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
Clip(QP,1)	1	1	2	2	2	2	3	3	3	4	4	5	5	6	7		
Clip(QP,2)	2	2	2	2	2	3	3	3	4	4	5	6	6	7	8		
Clip(QP,3)	2	2	2	3	3	3	4	4	5	5	6	7	7	9	10		

IV. 실험 결과

본 논문에서 제안된 블록화 및 링 현상 제거 루프 필터를 H.26L TML9의 루프 필터와 주관적, 객관적 성능을 비교하기 위해 여러 동영상에 다양한 비트율 및 프레임 율에서 테스트 하였다. 제안된 방식의 성능을 측정하기 위해 PSNR (Peak to Signal to Noise Ratio)가 사용되었으며, 이는 화소당 8 bit로 구성된 M×N 영상 크기에 대해 다음과 같이 정의된다.

$$PSNR = 10 \log \frac{MN \times 255^2}{\|f - \hat{f}\|^2} \quad (8)$$

식 (8)의  $\|\cdot\|$ 은 Euclidean norm을 의미하며,  $f$  및  $\hat{f}$ 는 각각 원 영상과 복원 영상을 의미한다. 더불어, TML9 루프 필터 방식과의 계산량 비교를 위해 루프 필터를 수행하기 위해 필요한 decoding time saving을 다음과 같이 정의하였다.

$$\text{Decoding time saving (\%)} = \frac{\text{TML9 loop filter decoding time} - \text{proposed filter decoding time}}{\text{TML9 filter decoding time}} \times 100 \quad (9)$$

512MB RAM 및 500 MHz Pentium III 환경에서 제안된 방식과 TML9 방식을 비교하였다. 다양한 실험 결과 중, QCIF Foreman 동영상을 10 frame/sec로 부호화한 결과 및 CIF Paris 동영상을 15 frame/sec로 부호화한 결과에 대해 기술하기로 한다.

그림 4(a)는 QCIF Foreman 영상의 15번째 영상을 양자화 인덱스 24로 부호화하고 TML9의 루프 필터로 복원한 영

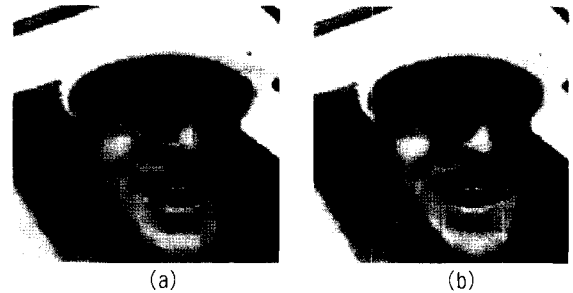


그림 4. Foreman 15번째 영상 성능 비교 (QP=24); (a)TML9 필터 (b) 제안된 필터  
Fig. 4. Performance Comparison of Foreman 15th frame (QP=24); (a)TML9 filter (b)proposed filter

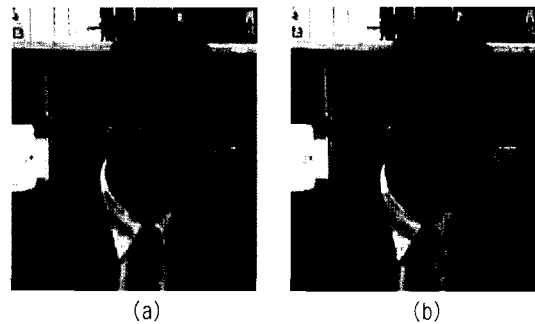


그림 5. Paris 80 번째 영상 성능 비교(QP=28); (a)TML9 필터 (b)제안된 필터  
Fig. 5. Performance comparison of Paris 80thframe (QP=28); (a)TML9 filter (b)proposed filter

상을 나타내며, (b)는 본 논문에서 제안된 루프 필터를 이용하여 복원된 영상을 나타낸다. 각각의 영상은 4배 확대하여 비교하였다. TML9 loop 필터를 이용한 영상의 블록화 영역을 정확히 검출하지 못하고 양자화 크기에 따른 적응성의 부족으로 블록화 현상이 존재함을 알 수 있다. 반면에 제안된 방식을 이용한 결과는 상대적으로 블록화 및 링 현상이 잘 제거되어 있음을 알 수 있다. 그림 5의(a) 및 (b)는 CIF

Paris 80번째 영상을 양자화 인덱스 28로 부호화 하고 TML9 루프 필터를 이용한 복원 영상 및 제안된 루프 필터를 이용한 복원 영상을 나타낸다. 결과 영상에서 알 수 있듯이, 제안된 방식의 복원 영상에서는 윤곽선 부근에서 열화 현상이 적게 생겼고, 배경 부근에서 블록화 및 링 현상 또한, 효과적으로 제거되었음을 알 수 있다. 이러한 결과는 제안된 방식에서는 부호화 정보에 따라 블록간의 화소 및 블록 내부의 화소에서의 완화 정도를 적응적으로 정규화 매개 변수를 이용하여 제어한 결과에 기인한다.

그림 6 및 그림 7은 제안된 방식과 TML9 루프 필터와의 객관적인 성능을 비트율 변화 따라 평균 PSNR 측면에서 비교한 결과이다. 제안된 방식의 성능은 TML9의 필터와 거의 흡사하거나 약간 (0.05 dB) 나음을 알 수 있다. 제안된 방식과 TML9 필터 방식의 계산량 측면을 비교해 보면, 각 영상

및 압축률에 따라 정도의 차이는 있지만 TML9보다 약 10(%) 이상의 계산량이 절감 되었음을 알 수 있다.

### V. 결론

본 논문에서는 H.26L 동영상 부호화 과정에서 발생하는 블록화 및 링 현상을 효과적으로 제거하여 화질 향상을 이룰 수 있는 루프 필터 방식에 대해 기술하였다. 부호화 과정에서 발생 및 전송되는 다양한 정보를 이용하여 완화 정도를 적응적으로 제어하였으며, 열화 현상을 방지하기 위해 투영 연산 과정을 정의하였다. 더불어, 계산량의 절감을 위해 필터 과정을 단순화 시켰다.

에지 방향에 따른 분류 및 필터 계수의 적응적 선택을

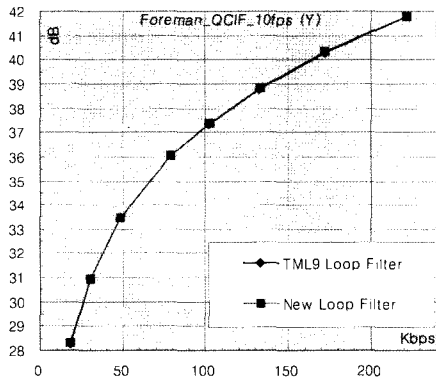


그림 6. Foreman 영상의 비트율에 따른 PSNR 비교  
Fig. 6. PSNR comparison as a function of bit rate of Foreman sequence

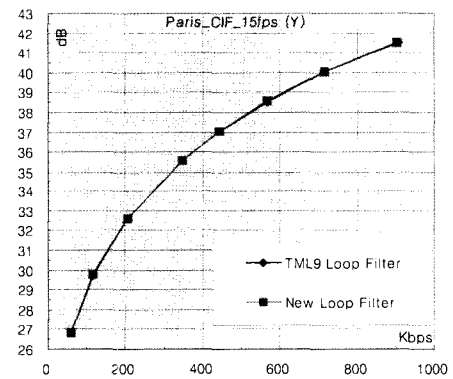


그림 7. Paris 영상의 비트율에 따른 PSNR 비교  
Fig. 7. PSNR comparison as a function of bit rate of Paris sequence

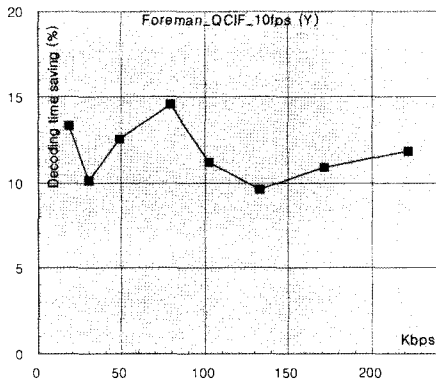


그림 8. Foreman 영상의 비트율에 따른 제안 방식의 계산량 절감비  
Fig. 8. Complexity saving of proposed algorithm as a function of bit rate of Foreman sequence

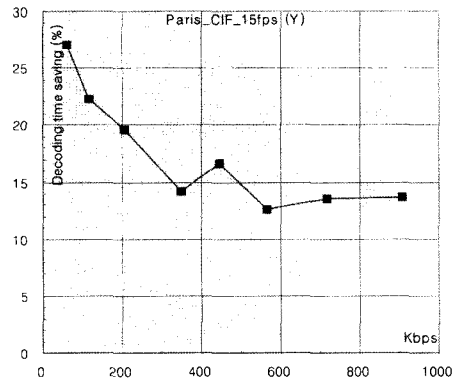


그림 9. Paris 영상의 비트율에 따른 제안 방식의 계산량 절감비  
Fig. 9. Complexity saving of proposed algorithm as a function of bit rate of Paris sequence

통한 루프 필터 방식 및 계산량을 더욱 절감할 수 있는 필터 과정 단순화 방식에 대해 연구 중에 있다. 상기 방식을 통해 계산량의 증대 없이 더욱 개선된 화질 개선이 이루어질 것으로 사료된다.

### 참 고 문 헌

- [1] V. Bhaskaran and K. Konstantinides, "Image and Video Compression Standards: Algorithm and Architectures," Kluwer Academic Publishers, 1995.
- [2] 홍민철, 전병우, "H.26L 동영상 부호화 표준 방식의 배경 및 동향", 방송공학회 학회지, 제7권, pp. 4-11, 2002년 9월.
- [3] A. K. Katsaggelos and N. P. Galtsanos ed., "Signal Recovery Techniques for Image and Video Compression and Transmission," Kluwer Academic Pub., 1998.
- [4] 홍민철, "블록화 현상 제거를 위한 H.26L 루프 필터", 방송공학회 학회지, 제7권, pp. 65-74, 2002년 9월.
- [5] Y. Wang, J. Osterman, and Y.-Q. Zhang, "Video Processing and Communications," Prentice-Hall, 2002.
- [6] "Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media up to 1.5 Mbit/s, International Organization for Standardization (ISO)," *ISO/IEC JTC1 CD 11172*, 1992.
- [7] "Generic coding of moving pictures and associated audio, International Organization for Standardization (ISO)," *ISO/IEC JTC1 CD 13818*, 1994.
- [8] "MPEG-4 Verification Model," *ISO/IEC JTC1/SC29/WG11*, Oct. 1997.
- [9] "H.261. Video codec for audiovisual services at p 64 kbits," *ITU-T Recommendation*, Mar. 1993.
- [10] "H.263. Video Coding for low bitrate communication," *ITU-T Recommendation*, Nov. 1995.
- [11] "H.263. Video Coding for low bitrate communication," *ITU-T Recommendation*, Jan. 1998.
- [12] "Draft for H.263++ to Recommendation H.263," *ITU-T SG16*, Nov. 2000.
- [13] M.-C. Hong, "An Efficient Loop/Post Filter to Reduce Annoying Artifacts of H.26L Video Codec," *IEEE Proceeding of International Conference on Consumer Electronics*, pp. 240-241, Jun. 2000.
- [14] B. Ramamurthi and A. Gersho, "Nonlinear space-invariant post processing of block coded images," *IEEE Trans. on ASSP.*, Vol. ASSP-34, pp. 1258-1268, Oct. 1986.
- [15] R. Rosenholtz and A. Zakhor, "Iterative Procedure for Reducing of Blocking Effects in Transform Image Coding," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 2, pp. 91-94, Mar. 1992.
- [16] R. L. Stevenson, "Reduction of Coding Artifacts in Transform Image Coding," *IEEE Proc. of Int. Conf. Acoust., Speech, Signal Processing*, pp. 401-404, 1993.
- [17] Y. Yang, N. P. Galatsanos, and A. K. Katsaggelos, "Regularized Image Reconstruction from Incomplete Block Discrete Cosine Transform Compressed Images," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 3, pp. 421-432, Dec. 1993.
- [18] "JVT Test Model Long Term Number 9 (TML-9)," *ITU-T SG16/Q15*, Dec. 2001.

### 저 자 소 개



#### 홍 민 철

- 1998년 2월 : 연세대학교 전자공학과 (학사)
- 1990년 8월 : 연세대학교 전자공학과 (석사)
- 1990년~1991년 : LG 정보통신 (연구원)
- 1997년 12월 : Northwestern University 전기 및 컴퓨터공학과 (박사)
- 1997년~1998년 : Northwestern University 전기 및 컴퓨터공학과 (Research Fellow)
- 1998년~2000년 : LG전자 DM연구소 (선임연구원)
- 2000년 3월~현재 : 숭실대학교 정보통신전자공학부 조교수
- 주관심분야 : Image restoration and enhancement, Nonlinear video processing and filtering, Advanced video coding, Motion Modeling and analysis, Image blind deconvolution