



1. 개요

양자화 과정은 전통적인 정지 영상 및 동영상 부호화 방식의 핵심 부분으로 사용되어 왔다. 그러나, 전송 비트 율이 낮아짐에 따라, 현존하는 표준화 부호화 방식을 포함하여 대부분의 부호화 방식은 양자화 과정에 의한 정보 손실로 인해 복원 영상에 화질 저하를 초래하게 되며, 압축 효율이 높을수록 화질 저하의 정도는 심하게 발생한다[1]. 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 적용

할 수도 있고, 임의의 영상을 블록 단위로 분리(segmentation)한 후, 블록간의 겹침(overlapping)이 존재하거나 겹침이 존재하지 않도록 하여 적용할 수 있다[1]. 변환 방식은 공간 영역 상의 과잉 정보(redundancy)를 제거하여 에너지 집약도(compactness)가 향상되도록 하기 위해 사용되는 반면에, 압축 정보 양을 줄이도록 하는 역할은 양자화 과정에서 이루어진다. 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 방식[2]~[8]에서는 두 형태로 분류할 수 있는데 블록화 현상과 링 현상이 이에 해당된다. 블록화 현상은 (1) 영상을 블록 단위로 분리하여 블록 단위의 독립적인 처리로 인하여 블록간

의 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.

상기와 같은 블록화 현상 및 링 현상을 제거하기 위해 다양한 형태의 접근 방식이 10여년간 발표되었으며, 이와 같은 블록화 현상 제거 필터는 그 접근 방식에 따라 다음과 같이 분류할 수 있다.

1. 비적응 및 적응 필터
2. 공간 영역 및 주파수 영역 필터
3. 직접 (direct), 순환 (recursive) 및 반복 (iterative) 필터
4. 루프, 후처리 및 복합 형태 필터

일반적인 블록화 현상 제거 필터는 위의 분류된 형태를 조합한 경우에 해당되는데, 예를 들어 H.263+에 있는 Annex J의 블록화 현상 제거 방식은 적응적, 공간 영역, 직접, 루프 필터가 된다. 위에서 분류한 방식을 간단히 기술하면 다음과 같다. 우선, 적응과 비적응의 분류는 필터 계수의 유연성에 기인한다. 즉, 블록화 현상을 제거하기 위한 필터 계수가 압축 정도 및 블록화 현상 정도에 따라 적응적으로 결정되는 가에 의한 분류이다. 예를 들어, H.261 동영상 표준화 방식에서는 $(1/4, 1/2, 1/4)$ 의 고정된 필터 계수를 사용하는데 이는 블록화 현상에 대한 적응성이 미비한 이유로 열화 현상을 발생할 수 있는 단점이 있다. 반면에, 고정된 필터 계수를 갖고 있으므로 계산량의 이점이 존재한다. 공간 영역 및 주파수 영역 필터로 분류하는 경우는 블록화 현상 제거 필터를 공간 영역으로 표현된 영상 또는 변환 계수에 적용하는가에 의한 분류이다. 직접, 순환, 또는 반복 필터에 의한 분류는

필터링된 값을 얻기 위한 방법론적인 분류를 일컫는다. 루프, 후처리 및 복합 형태 분류는 블록화 현상 제거 필터 위치에 따른 분류로서 루프 필터는 부호화부와 복호화부 내에 존재하여 블록화 현상을 제거하는 방식이며, 후처리 필터는 복호화부 후에 블록화 현상을 제거하는 기법이며, 복합화 형태는 루프 필터 및 후처리 필터 방식이 결합된 형태를 의미한다. 루프 필터 및 후처리 필터는 각각의 장점 및 단점이 존재하는데, 루프 필터는 필터 내부에 존재하여 필터링된 영상이 과잉 열화 (over-smoothing) 현상을 나타낼 수 있고 과잉 열화 현상은 원 영상과의 오차 영상 엔트로피를 높이는 결과를 초래하여 압축 효율이 떨어질 수 있다. 이와 같은 과잉 열화 현상을 방지하는 것이 루프 필터 계수를 선택할 때 우선적으로 고려해야 할 사항이다. 루프 필터 설계 시 고려해야 할 다른 사항은 필터의 계산량(complexity)인데, 이는 필터 방식이 부호화 과정에 포함되어 있으므로 루프 필터의 계산량만큼 부호화부와 복호화부의 계산량을 증대 시키는 결과를 초래하게 된다. 이러한 결과는 실시간 처리가 요구되는 동영상 시스템에서는 단대단 지연(end-to-end delay 또는 latency) 또는 delay variation (jitter)의 또 다른 문제점을 발생시키는 결과를 가져오게 된다. 후처리 과정을 이용한 블록화 제거 필터는 필터링된 영상이 다음 영상과 독립적인 결과를 나타내고 영상 부호화 시스템 외부에 존재하는 형태를 갖고 있으므로 루프 필터가 갖고 있는 문제점을 보완할 수 있게 된다.

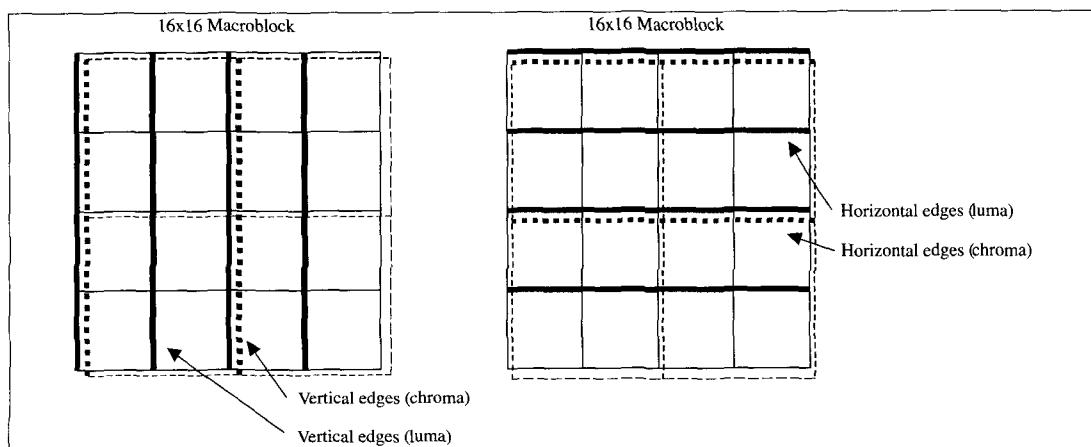
현재 표준화 작업이 진행 중인 H.26L 방식에서 사용되고 있는 블록화 현상 필터는 부호화 시스템의 계산량을 증대 시킴에도 불구하고 루프 필터 방식을 사용하고 있는데 그 이유는 다음과 같이 요약할 수 있다. 우선 루프 필터링된 결과가 과잉 열화 현상을 발

생시키지 않도록 잘 구성되어 압축 효율에 약간의 이득을 취할 수 있을 정도로 되어 있고 블록화 현상을 효과적으로 제거하여 만족스러운 화질 향상이 이루어졌다. 일반적으로 동영상 표준화의 공식적인 표준화(formative standard) 안으로 채택되기 위해서는 복호화부의 영상 복원 과정에서 사용되는 방식이어야 한다. 즉, 루프 필터는 부호화 및 복호화부에서 공히 필요한 방식이므로 공식적인 표준화 방식에 해당되고, 후처리 필터는 비공식적인 표준화 방식(informative standard)에 해당된다. 그러므로, 루프 필터 표준화 작업에 참여한 기업체, 연구소 등이 블록화 현상을 제거하기 위한 방식으로 루프 필터를 사용하도록 노력한 결과에 기인하여 공식적인 표준화 방식으로 채택되었다. 기존의 동영상 표준화 방식의 블록화 현상 제거 필터의 형태는 다음과 같다.

- H.261 : 루프 필터
- H.263 : 루프 필터
- MPEG1 : 루프 필터
- MPEG2 : 후처리 필터
- MPEG4 (Part2) : 후처리 필터

2. 블록화 현상 제거를 위한 H.26L 루프 필터

H.26L 동영상 압축 기법은 4×4 정수 변환(Integer Transform) 방식 및 변환 블록 크기의 움직임 보상(Variable Block Size Motion Compensation) 등을 주요 특징으로 하는 기법으로서, 기존의 8×8 블록 단위의 이산 여현 변환(DCT : Discrete Cosine Transform) 방식을 사용하는 동영상 방식과 비교하여 다른 형태의 양자화 오류 분포를 나타내고, 이러한 결과로 기존 방식과는 다른 형태로 블록화 현상이 존재하게 된다. 이와 같은 블록화 현상을 제거하기 위해 그동안 다양한 접근 방식이 이루어져 왔으며, 특히 표준화 진행 초반에는 압축 효율에 기여할 수 있는 루프 또는 후처리 방식을 고려하였다. 초반기에 진행되었던 루프 필터 방식은 계산량을 상당히 필요로 하는 방식으로서 복호화 과정에서 실시간 동영상 처리에 문제점이 발생할 수 있다. 이 후에 계산량의 문제점을 극복하기 위한 다양한 방식이 제안되어 왔으며 2002년 5월 Fairfax 회의에서 결정된 JM3(Joint



<그림 1> 필터링될 매크로 블록의 경계 영역 (실선은 흐드 성분의 경계 영역을 의미하며, 점선은 색 신호 성분의 경계 영역을 의미)

Model Number 3)의 루프 필터방식은 계산량 측면에서 상당한 보완이 이루어졌다.

H.26L 방식은 매크로 블록 단위로 필터링 과정이 적용되며 이미 기술한 바와 같이 4×4 블록 크기 단위의 변환 방식을 사용하므로 4 화소 단위마다 블록화 현상이 존재하며, 16개의 화소 단위의 매크로블록 경계 영역에서는 더욱 심하게 표현된다. 현 H.26L 부호화 방식은 블록화 현상을 제거하기 위해 1차원 필터를 사용하고 있으며, 프레임 메모리에 저장된 영상의 각 매크로블럭을 기준으로 수직 블록 경계 영역에 대해 수평 방향의 필터링을 먼저 처리하고, 처리된 영상을 이용하여 수평 블록 경계 영역에 대해 수직 방향의 필터링을 하는 방식으로 되어 있으며, 최종적으로 매크로 블록의 좌측 경계 영역에 위치한 화소들 및 매크로 블록의 상단 영역에 위치한 화소들을 처리하도록 되어 있다. 임의의

매크로 블록의 4×4 블록 단위의 경계 영역에 해당되는 예가 <그림 1>에 기술되어 있다.

H.26L 루프 필터 방식은 다음과 같은 과정으로 구성되어 있다.

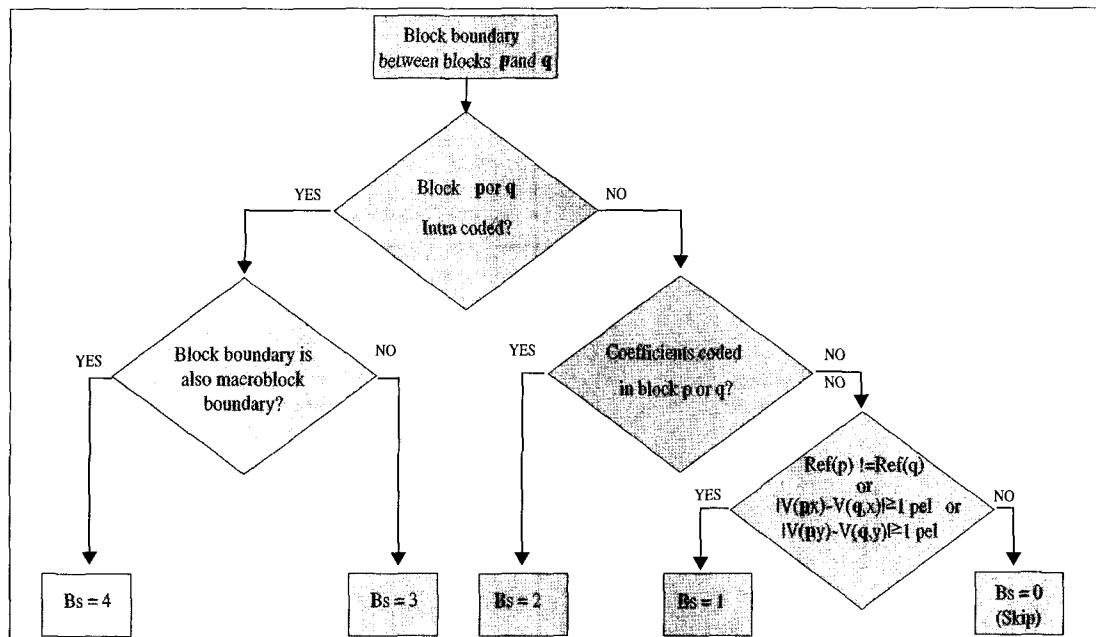
3.1 블록화 현상 검색 과정

이미 기술한 바와 같이 각 블록의 부호화 형태에 따라 블록화 정도가 다르게 표현되고, <그림 2>와 같이 블록화 정도에 따른 값, B_s 를 할당하도록 되어 있다.

<그림 2>와 같이 수평 또는 수직 방향으로의 인접된 4×4 블록내의 4개 화소로 구성된 값을 각각

p3	p2	p1	p0	q0	q1	q2	q3
----	----	----	----	----	----	----	----

<그림 2> 수평 및 수직 방향의 4×4 블록 경계를 표현하는 예



<그림 3> 블록화 크기 (B_s)를 결정하는 flow chart

$p = \{p_3, p_2, p_1, p_0\}$, $q = \{q_0, q_1, q_2, q_3\}$ 라 할 때 (p_0, q_0 는 블록의 경계 화소를 의미함), Bs 는 <그림 3>과 같이 결정된다. <그림 3>의 내용을 정리하면 Bs 의 값은 다음과 같이 결정된다.

- A. $Bs = 4$: p, q 가 인트라로 부호화 되었고, p, q 의 경계가 매크로 블록 경계인 경우,
- B. $Bs = 3$: p, q 가 인트라로 부호화 되었으나, p, q 의 경계가 매크로 블록 경계가 아닌 경우,
- C. $Bs = 2$: p, q 가 인터로 부호화 되었고, p 또는 q 에 부호화된 계수가 존재하는 경우,
- D. $Bs = 1$: p, q 가 인터로 부호화 되었고, p 및 q 에 부호화된 계수가 존재하지 않고, p 및 q 의 움직임 벡터 참조 (reference) 프레임이 다른 경우,
- E. $Bs = 0$: A-D에 해당되지 않는 경우

3.2 필터링 과정

3.1 절에서 기술된 Bs 크기에 따라 다른 형태의 필터링 과정을 거치게 되며, Bs 크기에 따른 필터링 과정은 Bs 값이 4보다 작을 때 여부에 따라, 블록 경계 영역의 화소 간의 차이 및 블록 내부의 화소 간의 차이 값에 따라 4가지 모드로 구분할 수 있다.

1. 모드 1: $Bs = 0$ 인 경우 필터링 과정을 수행하지 않음.
2. 모드 2: $Bs \neq 0$ $\&\&$ $|p_0 - q_0| < \alpha$ $\&\&$ $|p_1 - p_0| < \beta$ $\&\&$ $|q_1 - q_0| < \beta$ 인 경우 블록 경계 영역의 화소 (p_0, q_0)만을 필터링 시킴.
3. 모드 3: $Bs < 4$ 인 경우 최대 4 개의 화소 (p_0, p_1, q_0, q_1)를 필터링 시킴.
4. 모드 4: $Bs = 4$ 인 경우 최대 6 개의 화소 ($p_2, p_3, p_0, p_1, q_0, q_2$)를 필터링 시키도록 설정되어 있다.

위에서 $\&\&$ 는 'and', $|. |$ 는 절대값을 의미하며, α 및 β 는 표 1에 기술된 바와 같이 양자화 크기에 따라 설정된 임계치 (threshold)를 나타낸다.

위의 분류에서 모드 1은 'Skip' 모드라고도 명칭 하며, 블록화 현상이 존재하지 않는 영역으로 판별되어 필터링 과정을 수행하지 않는다. 모드 2는 p_0, q_0 값 만을 처리하게 되고 모드 3는 'Default' 모드라고 명칭하며 특정 조건에 따라 최대 4개의 화소 또는 최소 2개의 화소를 처리하도록 되어 있다. 모드 2 및 3인 같은 필터링 과정을 수행하게 된다. 반면에, 모드 4는 블록화 현상이 상당히 존재하는 영역으로 판별되어 특정 조건에 따라, 최대 6개의 화소 또는 최소 2개의 화소를 처리하도록 되어 있으며, 필터 계수도 다르게 설정되어 있다. 필터링 과정을 Bs 에 따라 다음과 같이 처리 된다.

<표 1> QP_{av} 에 따른 α 및 β 테이블 ($QP_{av} = (QP_p + QP_q)/2$)

		QP_{av}																									
		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
α	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	5	6	7	9
β	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	4	4	4
		QP_{av}																									
		26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
α	10	12	14	17	20	24	28	33	39	46	55	65	76	90	106	126	148	175	207	245	255	255	255	255	255	255	
β	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16	16	17	18	18	18	

(표 2) 및 Bs에 따른 CO 테이블

	QP _{av}																									
	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
Bs=1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Bs=2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Bs=3 or 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	QP _{av}																									
	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
Bs=1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	6	6	7	8	9	10	11	13
Bs=2	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	6	7	8	8	10	11	12	13	15	17
Bs=3 or 4	1	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	6	6	7	8	9	10	11	13	14	16	18	20	23	25

3.2.1 Bs=4 일때 필터링 과정

흔돈을 피하기 위해 필터링 과정에 이용할 화소는 p_3, p_2, p_1, p_0 및 q_0, q_1, q_2, q_3 과 같이 영문 소문자로 표현하고 필터링된 화소 값은 P_2, P_1, P_0 및 Q_0, Q_1, Q_2 와 같이 영문 대문자로 표현한다. 블록 경계 영역의 화소 값은 다음과 같이 결정된다.

$$\begin{aligned} \Delta &= \text{clip3}(-C, C, ((q_0 - p_0) \ll 2 + (p_1 - q_1) + 4) \gg 3), \\ P_0 &= \text{clip1}(p_0 + \Delta), \\ Q_0 &= \text{clip1}(q_0 - \Delta) \end{aligned} \quad (1)$$

식 (1)에서 $M \ll a$ 는 M 을 a 비트 원쪽 이동 (left shift) 시킴을 의미하며, $\text{clip3}(A, B, K)$ 는 다음과 같은 특성을 갖고 있는 연산자이다.

$$\text{clip3}(A, B, K) = \begin{cases} A & \text{if } K < A \\ B & \text{if } K > B \\ K & \text{otherwise} \end{cases}$$

더불어, $\text{clip1}(A)$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$\text{clip1}(A) = \begin{cases} 0 & \text{if } A < 0 \\ 255 & \text{if } A > 255 \\ A & \text{otherwise} \end{cases}$$

식 (1)의 C는 (표 2)에 정의되어 있는 CO를 이용하여 결정되며, 식 (1)의 C 및 블록 경계 영역의 p_i, q_i 의 필터링 여부는 다음과 같은 조건을 이용하여 결정한다.

$$a_p = |p_2 - p_0| \quad (2)$$

$$a_q = |q_2 - q_0| \quad (3)$$

위의 조건 a_p 및 a_q 를 (표 1)에 기술된 임계치 β 와 비교하여 $a_p < \beta$ 이면 p_i 를 필터링 시키고 CO 값을 1 증가시켜 C로 결정하며, 마찬가지로 $a_q < \beta$ 이면 q_i 를 필터링 시키고 C를 1 증가시키게 된다.

필터 과정은 다음과 같다.

$$P_i = p_i + \text{clip3}(\neg C0, C0, (p_2 + (p_0 + q_0)) \gg 1 - 2 * p_i) \gg 1 \quad (4)$$

$$Q_i = q_i + \text{clip3}(\neg C0, C0, (q_2 + (p_0 + q_0)) \gg 1 - 2 * q_i) \gg 1 \quad (5)$$

3.2.2 Bs=4일때 필터링 과정

Bs=4 일때 필터 과정은 식 (2) 및 (3)의 조건에 의해서 다르게 설정된다. 식 (2)가 β 보다 작으면 p_2, p_1, p_0 의 필터링 과정을 수행하게 되고, 이 조건을 만족시키지 못하면, 블록 경계 영역의 화소인 p_0 만을

(표 3) dithering 함수 테이블

pos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ditherP(pos)	4	5	3	6	2	7	1	5	3	1	7	2	6	3	5	4
ditherQ(pos)	4	3	5	2	6	1	7	3	5	7	1	6	2	5	3	4

필터링 시키게 된다. 필터링 과정은 다음과 같다.

$a_p < \beta$ 일 때,

$$P_0 = (p_2 + 2*p_1 + 2*p_0 + 2*q_0 + q_1 + ditherP(pos)) \gg 3 \quad (6)$$

$$P_1 = (p_3 + 2*p_2 + 2*p_1 + 2*p_0 + q_0 + ditherP(pos)) \gg 3 \quad (7)$$

$$P_2 = (2*p_3 + 3*p_2 + p_1 + p_0 + q_0 + ditherP(pos)) \gg 3 \quad (8)$$

식 (6)-(8)에서 ditherP(pos)는 (표 3)에 정의되어 있고, 식 (8)은 휘도 성분에만 적용되는 필터 과정이다.

$a_p \geq \beta$ 일 때,

$$P_0 = (2*p_1 + p_0 + q_1 + 2) \gg 2 \quad (9)$$

유사한 방식으로 q_0, q_1, q_2 의 필터링 여부 및 필터링 방식이 결정된다.

$a_q < \beta$ 일 때,

$$Q_0 = (p_1 + 2*p_0 + 2*q_0 + 2*q_1 + q_2 + ditherQ(pos)) \gg 3 \quad (10)$$

$$Q_1 = (p_0 + 2*q_0 + 2*q_1 + 2*q_2 + q_3 + ditherQ(pos)) \gg 3 \quad (11)$$

$$Q_2 = (2*p_3 + 2*q_2 + q_1 + q_0 + p_0 + ditherQ(pos)) \gg 3 \quad (12)$$

식 (12)는 휘도 성분에만 적용되는 필터 과정이다. 위의 조건이 만족되지 않는 경우 ($a_p \geq \beta$)는 블록 경계 영역에 해당되는 화소, q_0 만을 필터링 시키고 과정은 다음과 같다.

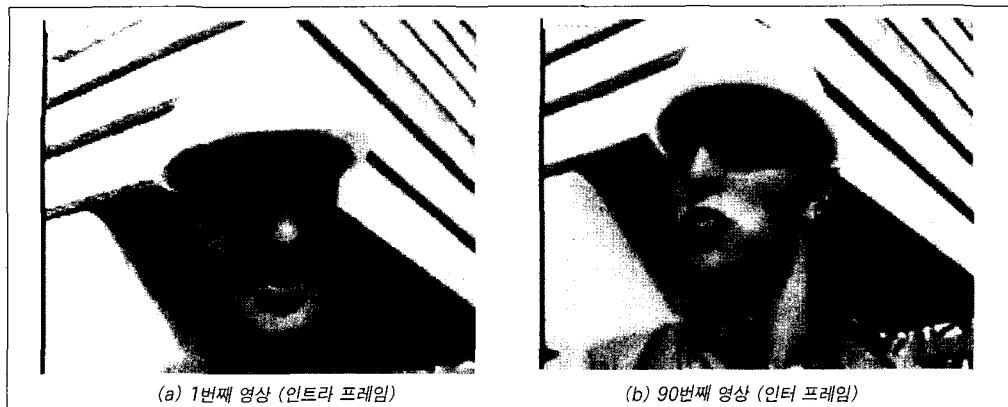
$$Q_0 = (2*q_1 + q_0 + p_1 + 2) \gg 2 \quad (13)$$

3. 결과 분석

위에 기술된 H.26L 블록화 현상 제거 루프 필터의 성능 검증을 위하여 JM3의 방식을 사용하였으며, QCIF 해상도의 Foreman 영상과 News 영상을 다양한 비트 율에서 실험하였다. (그림 4)의 (a) 및 (b)는 Foreman 영상을 양자화 인덱스 (index)를 34로 고정시키고, 10 frames/sec로 부호화 했을 때 첫번째 및 90번째 결과 영상이다. 이미 언급된 바와 같이 기존의 부호화 방식보다 작은 블록 크기의 변환 방식을 사용했으므로 블록화 현상이 영상 전역에 존재함을 알 수



(그림 4) Foreman의 블록화 현상 제거 필터를 사용하지 않은 H.26L 부호화 영상



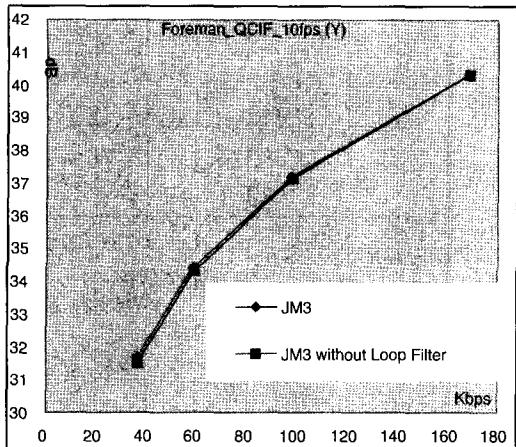
〈그림 5〉 Foreman의 블록화 현상 제거 필터를 사용한 H.26L 부호화 영상



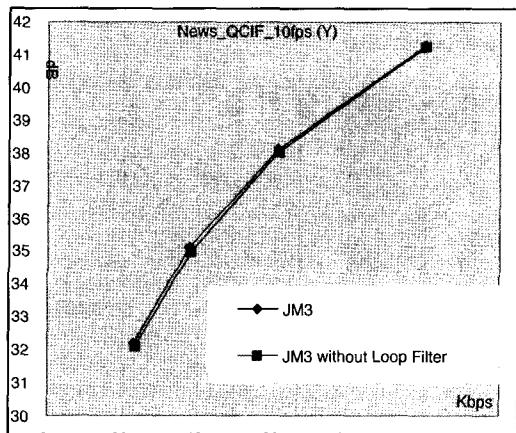
〈그림 6〉 News의 블록화 현상 제거 필터를 사용하지 않은 H.26L 부호화 영상



〈그림 7〉 News의 블록화 현상 제거 필터를 사용한 H.26L 부호화 영상



<그림 8> Foreman 영상의 비트율에 따른 PSNR 비교



<그림 9> News 영상의 비트율에 따른 PSNR 비교

있다. 반면에 <그림 5>의 (a) 및 (b)에 도시 되어 있는 바와 같이 루프 필터를 사용한 경우 효과적으로 블록화 현상이 제거되어 있음을 검증할 수 있었다. <그림 6> 및 <그림 7>은 News 영상에 대한 것으로서 유사한 결과를 나타내고 있다. 시각적인 비교와 더불어 객관적인 성능 검증을 위해 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)을 사용하였으며 Foreman 영상 및 News 영상의 비트율에 따른 PSNR 비교를 <그림 8> 및 <그림 9>에 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 블록화 현상 제거 필터에 의한 압축

효율 개선은 상당히 미비하다고 분석할 수 있다.

상기와 같이 기술된 H.26L 블록화 현상 제거를 위한 루프 필터 방식은 H.26L 부호화 방식이 갖고 있는 시각적 저하 현상을 감소시키기 위한 것으로 특히, 저 비트율 응용 분야에서는 시각적인 개선을 위해 필요할 것으로 사료되나, 계산량이 제약 조건으로 작용하는 다양한 응용 분야에 적용하기 위해서는 계산량을 더욱 절감할 수 있는 방식이 고려되어야 할 것으로 사료된다.

참고 문헌

- (1) A. K. Katsaggelos and N. P. Galatsanos ed., *Signal Recovery Techniques for Image and Video Compression and Transmission*, Kluwer Academic Pub., 1998.
- (2) ISO/IEC JTC1 CD 11172, *Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media up to 1.5 Mb/s*, International Organization for Standardization (ISO), 1992.
- (3) ISO/IEC JTC1 CD 13818, *Generic coding of moving pictures and associated audio*, International Organization for Standardization (ISO), 1994.
- (4) ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, *MPEG-4 Verification Model*, Oct. 1997.
- (5) ITU-T Recommendation H.261, *Video codec for audiovisual services at p × 64 kbit/s*, March 1993.
- (6) ITU-T Recommendation H.263, *Video Coding for low bitrate communication*, Nov. 1995.
- (7) ITU-T Recommendation H.263, *Video Coding for low bitrate communication*, Jan. 1998.
- (8) ITU-T SG16, *Draft for H.263+ to Recommendation H.263*, Nov. 2000.
- (9) Joint Final Committee Draft (JFCD) of Joint Video Specification (ITU-T Rec. H.264 | ISO/IEC 14496-10 AVC), Aug. 2002.

필자소개



홍민철

- 1988년 2월 : 연세대학교 전자공학과(학사)
- 1990년 8월 : 연세대학교 전자공학과(석사)
- 1991년 8월 : LG 정보통신(연구원)
- 1997년 9월 : Northwestern University 전기공학과(박사)
- 1998년 8월 : Northwestern University 전기공학과(Research Fellow)
- 2000년 2월 : LG 전자 DM 연구소(선임연구원)
- 2000년 3월~현재 : 숭실대학교 정보통신전자공학부 조교수
- 주관심분야 : *Image restoration and enhancement, Nonlinear video processing and filtering, Advanced video coding, Motion modeling and analysis, Blind image deconvolution*