

논문 2004-41SP-5-23

모서리 잡음 제거를 위한 Loop 필터링 기법

(Loop-Filtering for Reducing Corner outlier)

홍 윤 표*, 전 병 우**

(Yunpyo Hong and Byeungwoo Jeon)

요 약

블록 기반의 손실 영상 압축 방식에서는 블록마다 다른 양자화 오류로 인하여 블록 경계를 따라 불연속성이 나타날 수 있다. 이러한 블록화 현상은 압축률이 높아질수록 심각하여 화질에 큰 영향을 미친다. 이러한 블록화 현상을 막기 위해 많은 알고리즘들이 제안되었다. 그러나 블록화 현상에 대한 연구 중 모서리 잡음이라고 불리는 현상에 대한 연구가 미진하였다. 모서리 잡음은 블록 경계가 교차하는 지점에서 영상 경계가 불연속적으로 나타나게 되는 것을 말한다. 본 논문에서는 블록 기반 영상 압축방식에서 발생하는 모서리 잡음의 발생과정과 특성을 분석하고 이 문제를 해결하기 위한 검출과 제거 알고리즘을 제안한다. 실험 결과는 제안 방법이 주관적 화질을 향상시키는 것을 보여준다.

Abstract

In block-based lossy video compression, severe quantization causes discontinuities along block boundaries so that annoying blocking artifacts are visible in decoded video images. These blocking artifacts significantly decrease the subjective image quality. In order to reduce the blocking artifacts in decoded images, many algorithms have been proposed. However studies on so called, corner outlier, have been very limited. Corner outliers make image edges look disconnected from those of neighboring blocks at cross block boundary. In order to solve this problem, we propose a corner outlier detection and compensation algorithm as loop-filtering in spatial domain. Experiment results show that the proposed method provides much improved subjective image quality.

Keywords : filter, deblocking, corner outlier, loop filter

I. 서 론

JPEG, H.263, MPEG-4와 같은 대부분의 정지 영상 및 동영상 부호화기는 영상을 특정 크기의 블록으로 나누어서 이산여현변환(Discrete Cosine Transform : DCT)과 양자화(Quantization)를 시킨다. 이로 인해 복호화된 영상에서는 부호화 시 나는 블록 단위로 서로 다른 특성이 나타나고 이것은 시각적으로 재생 영상이 격자화되게 한다. 또 이런 현상은 저 비트율로 부호화 될수록 심각하게 나타난다. 이와 같은 현상을 블록화 현상

(Blocking Artifacts)이라 하는데^[1,2], 이러한 블록화 현상을 일으키는 원인을 또 다시 더욱 세밀하게 Grid noise, Staircase noise, 모서리 잡음(corner outlier) 등으로 구별하여 생각할 수 있다^[3,4]. 이 중 모서리 잡음은 블록 경계가 교차하는 지점에 위치한 화소값이 주위 화소값들과 매우 큰 차이를 보이는 것을 말한다. 모서리 잡음은 Grid noise와 같이 주관적 화질에 심각한 영향을 미치지만 발생 영역이 매우 한정적이기 때문에 제거 후에도 객관적 화질 측면에서 많은 이득을 기대할 수 없다. 이로 인해 모서리 잡음에 대한 연구가 활발히 이루어지지 않았다.

이에 대한 몇가지 지금까지의 해결책들^[3-6]은 후처리 방식으로 모서리 잡음을 보상하는 것이었다. Lee 등^[3]은 블록 경계 교차 지점 주위에 화소값의 차이만을 계산하여 모서리 잡음을 검출하는데 이것은 국부적으로

학생회원, ** 정회원, 성균관대학교 정보통신공학부

(School of Information and Communication Engineering, SungKyunKwan University)

※ 본 논문은 2002년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음 (KRF-2002-041-D2040)

접수일자: 2004년5월5일, 수정완료일: 2004년7월6일

화소값의 차이가 많은 복잡한 영상에서 오류를 일으킬 수 있으며, Park 등^[4]은 블록 내부의 화소차이를 이용해 영상의 복잡도를 고려하였으나 하나의 블록 경계 교차 지점에서 발생하는 하나의 모서리 잡음만을 검출, 보상하여 그 이상의 모서리 잡음은 보상할 수 없는 단점이 있다. 또 보상과정에서 보상한 화소를 그 이웃화소의 보상과정에서 사용하여 이전 화소의 보상에서 오류가 발생하면 주위 화소로 오류가 전달될 수 있다. 그리고 위의 방식과 Hong^[5]의 방식은 후처리 방식을 사용하여 화면간 부호화 영상이 모서리 잡음이 발생한 영상을 참조하는 경우 이를 검출하고 보상하지 못한다.

본 논문은 Loop 필터링 기법을 이용하여 위에서 설명한 문제점을 해결하고 간단한 보상 필터를 적용한 방법을 제안한다. II장은 모서리 잡음이 발생하는 원인과 특성을 설명한다. III장은 모서리 잡음을 검출, 보상하기 위해 제안된 방법을 설명하고, IV장은 MPEG-4 SP(Simple Profile)을 이용해 실험한 결과를 나타낸다. 마지막으로 V장은 결론을 맺는다.

II. 모서리 잡음

모서리 잡음은 블록 경계 교차 지점에서 영상의 경계를 나타내는 화소값이 인접 블록의 화소값과 매우 큰 차이를 보여 영상의 경계가 불연속적으로 보이게 하는 블록화 현상을 말한다. 모서리 잡음이 발생한 실제 예를 그림 1에 나타내었다.

일반적인 저대역 통과 필터를 이용한 블록화 현상 제거 기법의 경우 영상 경계의 화질 열화를 막기 위해 일정 크기 이상의 화소값 차이가 나는 블록 경계는 필터링하지 않는다^[7, 8]. 이로 인해 모서리 잡음은 블록화 현상 제거 필터에 의해 제거되지 않는다. 그러므로 모서리 잡음을 제거하기 위한 새로운 필터가 필요하다.

MPEG-4와 같은 블록 기반 영상 압축 부호화기는 화면내 부호화 과정에서 입력 영상을 일정 크기의 블록으로 나누고 이를 $N \times N$ 이산여현변환을 이용하여 공간 영역의 화소값을 주파수 영역으로 변환하고 그 계수값을 양자화 한다. 모서리 잡음은 이 양자화 과정에서 블록간 양자화 오류의 차이에 의해 발생한다. 특히, 저 비트율의 영상의 경우 영상의 고주파 성분을 양자화 오류에 의해 잃게 되는데, 영상 경계와 같은 고주파 성분을 많이 포함하는 블록은 고주파 영역의 이산여현변환 계수가 크기 때문에 양자화 이후에도 영상의 경계를 복원할 수 있다. 하지만 영상경계를 소수 포함하고 영상경

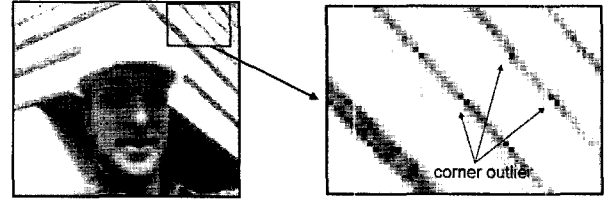


그림 1. 모서리 잡음의 발생 예
Fig. 1. Example of Corner outlier.

계 외의 영역이 매우 평탄한 블록은 고주파 영역의 DCT 계수값이 작아서 양자화 후에 대부분의 값이 0이 되어 영상의 경계를 복호할 수 없다.

위와 같이 영상의 경계를 복호할 수 있는 블록과 할 수 없는 블록이 접해 있을 경우, 모서리 잡음이 발생하게 된다. 화면간 부호화 과정의 경우, 참조 영상과의 차이를 부호화하기 때문에 블록간 양자화 오류의 차이가 적어 모서리 잡음 발생이 미미하다. 하지만 참조영상에 모서리 잡음이 발생하였다면, 이후 이 참조영상을 사용하는 화면간 부호화 영상으로 모서리 잡음이 전달되며, 발생 위치가 블록 경계 교차 지점으로 한정되지 않으므로 검출과 제거가 매우 어렵다.

그러므로 Loop 필터링 기법을 사용하여 부호화기에서 화면내 부호화 시, 이를 제거하고 참조영상 버퍼에 모서리 잡음이 제거된 영상을 저장하여 화면간 부호화 영상으로의 전파를 막는 것이 합리적이다. 모서리 잡음의 발생과정을 그림 2의 실제 예를 통해 살펴보자.

그림 2는 MPEG-4 부호화 전과 후의 영상을 나타낸다. 그림 2 (a)에서 A, B, C블록들은 모두 영상 경계를 포함하고 있다. B, C 블록은 영상 경계가 전체 블록에서 많은 부분을 차지하고 있지만, A블록은 블록 경계 교차 지점에 위치한 몇 화소만이 영상경계를 나타내고 있다.

일반적인 부호화기는 영상을 8×8 과 같이 일정한 크기의 블록으로 나눠서 이산여현변환을 수행하게 된다. 이때 A블록의 경우, 영상 경계를 제외한 영역이 매우 평탄한 영상이므로 DCT AC계수들은 대부분 영상경계를 나타내며 작은 크기의 값이 된다. 그러므로 DCT AC계수는 양자화 이후 대부분 0으로 바뀐다. 하지만 B, C 블록은 영상의 경계가 많은 부분을 차지하고 있기 때문에 DCT변환 후 AC 계수가 커서 양자화 후에도 0이 되지 않고 영상의 경계를 표현할 수 있다. 그림 3을 통해 이를 확인할 수 있다. 이와 같은 블록간 양자화 오류의 차이가 모서리 잡음을 발생시킨다.

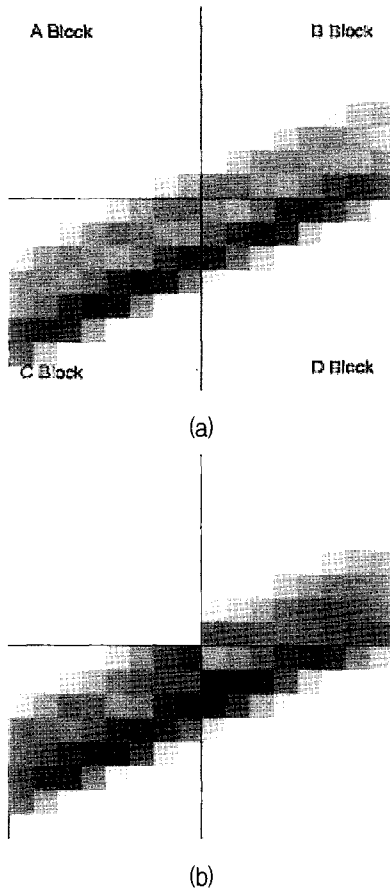


그림 2. (a) 부호화 전 영상 (b) 복호화 후 영상
Fig. 2. (a) Original MBs (b) Decoded MBs.

III. 제안된 Loop 필터링 기법

제안된 방법은 모서리 잡음이 화면내 부호화 영상에서 주로 발생하므로 이 영상의 부호화 시 모서리 잡음을 제거하여 참조영상 버퍼로 입력하는 Loop 필터링 기법을 사용한다.

그림 4는 Loop 필터링을 적용한 부호화기와 복호화기의 블록 다이어그램을 나타낸다. 후처리 방식의 경우 모서리 잡음을 보상하여 프레임 메모리에 적용하지 않으므로 이후 화면간 부호화 영상이 모서리 잡음이 발생한 영상을 참조하는 경우 모서리 잡음이 이후 영상으로 전파된다. 하지만 Loop 필터링 기법을 적용하면 참조영상 내에 모서리 잡음을 제거하여 프레임 메모리에 적용하므로 이후 화면간 부호화 영상으로 모서리 잡음이 전파되는 것을 막을 수 있다. 복호화기에서도 화면내 부호화 영상의 복호시 부호화기와 같은 모서리 잡음제거 루틴을 Loop 필터로 삽입하여 부호화기와 동일하게 없애야 한다. 하나의 블록 경계 교차 지점에서 모서리 잡음을 제거하는 방법은 검출과 보상의 두 단계로 나누

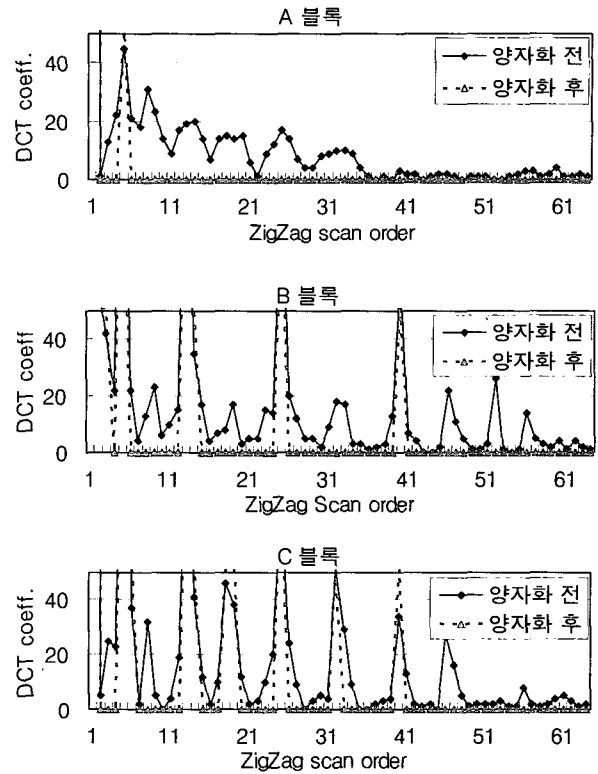


그림 3. A, B, C 블록의 이산여현변환 계수
Fig. 3. DCT coefficients of A, B, C Blocks.

어 진다.

3.1 모서리 잡음 검출 방법

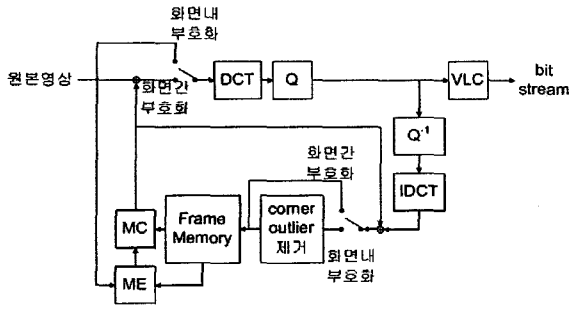
모서리 잡음이 발생한 블록은 앞에 기술한 것과 같이 블록 경계 교차 지점에서 다음의 두 가지 특징을 가진다.

(a) 블록 경계를 사이로 인접한 블록간 화소값의 차이가 크다.

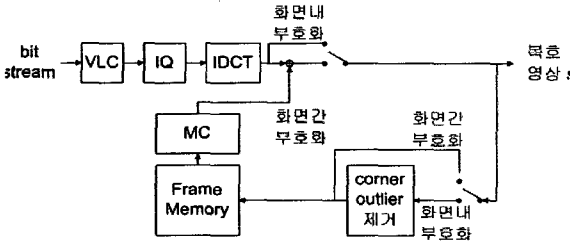
(b) 매우 평탄한 영역이다.

본 검출 방법은 이와 같은 두 가지 특징을 이용하며, 블록 교차 지점을 중심으로 대각선 방향으로 발생한 모서리 잡음을 검출한다

모서리 잡음의 첫번째 특성을 검출에 이용하기 위해 각 블록 모서리 부근의 네 화소의 평균을 계산하여 이 블록을 대표하는 값으로 정하고, 검출 대상 블록의 수직, 수평 방향 블록과 평균값의 차이를 계산 했을 때, 두 차이 값이 모두 특정 경계값 이상일 경우 첫번째 특성을 만족한 것으로 결정한다. 이때 네 화소의 평균을 구하기 때문에 매우 복잡한 영상 영역에서 검출 예러가 일어나는 것을 방지할 수 있다. 위 과정을 A블록의 예로 나타내면 아래와 같다. 여기서, QP는 양자화 매개변수(Quantization Parameter)를 나타낸다.



(a) Loop 필터링 기법이 적용된 부호화기



(b) Loop 필터링 기법이 적용된 복호화기

그림 4. 제안된 Loop 필터링 기법의 블록 다이어그램
Fig. 4. Block diagram of proposed loop filtering method.

$$A_{AVG} = (A_0 + A_1 + A_2 + A_3) // 4$$

$$B_{AVG} = (B_0 + B_1 + B_2 + B_3) // 4$$

$$C_{AVG} = (C_0 + C_1 + C_2 + C_3) // 4$$

$$|A_{AVG} - B_{AVG}| \geq 2QP \ \&\& \ |A_{AVG} - C_{AVG}| \geq 2QP \quad (1)$$

이 과정에서 사용된 경계값은 실험을 통하여 2QP로 정하였다. 모서리 잡음은 영상의 왜곡의 정도에 따라 나타나는 정도가 결정되며 영상의 왜곡을 결정하는 것은 QP값이므로 이를 경계값의 기준으로 사용하였다.

두 개의 모서리 잡음이 하나의 블록 경계 교차 지점에서 발생하면 두 모서리 잡음은 대각선 방향으로 위치하게 된다. 이는 수직이나 수평으로 접한 블록과 함께 모서리 잡음이 발생할 수는 없기 때문이다. 제안한 방법은 검출 기준이 되는 주위 블록을 수직과 수평으로 접한 블록으로 사용하기 때문에 하나의 검출 조건으로 두 블록의 모서리 잡음을 모두 검출 할 수 있다.

두 번째 특성을 검출에 이용하기 위해서 각 블록의 평탄화 정도를 계산하여 그 값이 특정 경계값 이하인 블록을 찾는다. 이를 A블록의 예로 나타내면 다음과 같다.

$$A_{complex} = |A_0 - A_1| + |A_0 - A_2| + |A_0 - A_3|$$

$$A_{complex} \leq QP \quad (2)$$

Block A		A ₇	B ₇		Block B
		A ₅	B ₅		
		A ₃	A ₂	B ₂	B ₃
A ₆	A ₄	A ₁	A ₀	B ₀	B ₁
C ₆	C ₄	C ₁	C ₀	D ₀	D ₁
		C ₃	C ₂	D ₂	D ₃
		C ₅	D ₅		
Block C		C ₇	D ₇		Block D

그림 5. 블록 경계 교차 지점의 화소 위치
Fig. 5. Pixel index of cross point.

이 과정에서는 경계값으로 QP를 사용한다. 이 경계값 역시 실험을 통하여 정한 값이다. 이와 같은 방식으로 각 블록 경계 교차 지점에 대해 검출과정을 수행하고 식(1), (2)를 모두 만족하는 블록을 모서리 잡음이 발생한 블록으로 결정한다.

3.2 검출된 모서리 잡음 보상 방법

위 방식으로 모서리 잡음을 검출한 후, 주위 블록의 영상 경계 화소값을 이용하여 보상을 수행한다. 이를 위해 매우 간단한 필터를 제안한다.

이 필터는 모서리 잡음으로 검출된 영역을 주위 블록의 화소를 이용하여 보상한다. 이때 모서리 잡음이 발생한 지점은 영상 경계가 불연속을 나타내므로 주위 블록 영상의 방향성을 고려하여 필터링하는 것이 합리적이지만 많은 연산을 필요로 하기 때문에 필터의 복잡도를 줄이기 위해서 영상 경계의 방향을 대각선으로 가정한다. 이 가정은 블록 경계 교차 지점에서 수직과 수평의 영상 경계에서 발생된 모서리 잡음보다 대각선 방향의 영상 경계에서 발생된 모서리 잡음이 시각적으로 더 잘 인식 된다는 점과 한정된 필터 복잡도만으로 최대의 효율을 높인다는 점에서 유용하다.

제안한 필터를 A블록에 적용한 수식은 아래와 같다.

$$A_0' = (2A_0 + 2C_0 + 2B_0 + C_1 + B_2) // 8$$

$$A_1' = (2A_1 + C_1 + C_4) // 4$$

$$A_2' = (2A_2 + B_2 + B_5) // 4$$

$$A_3' = (4A_3 + C_1 + C_4 + B_2 + B_5) // 8$$

$$A_4' = (2A_4 + C_4 + C_6) // 4$$

$$A_5' = (2A_5 + B_5 + B_7) // 4 \quad (3)$$

위의 필터링 방식은 한 화소의 필터링 결과가 주위 화소의 필터링에 영향을 미치지 않기 때문에 오류의 전달이 없다. B, C, D 블록에 대한 수식은 A블록의 수식을 블록 경계에 대칭적으로 적용한다.

표 1. Foreman 영상 PSNR

Table 1. PSNR of Foreman sequence.

QP	Luma PSNR [dB]			
	MPEG-4	Proposed Method	MPEG-4 + Deblock Filter	Proposed Method + Deblock Filter
10	33.35	33.31	33.70	33.64
14	31.24	31.23	31.67	31.64
18	29.75	29.77	30.23	30.23
22	28.64	28.68	29.17	29.19
26	27.76	27.80	28.33	28.36
30	27.04	27.09	27.66	27.69

표 2. Hall monitor 영상 PSNR

Table 2. PSNR of Hall Monitor sequence.

QP	Luma PSNR [dB]			
	MPEG-4	Proposed Method	MPEG-4 + Deblock Filter	Proposed Method + Deblock Filter
10	34.04	34.05	34.44	34.45
14	31.81	31.81	32.21	32.21
18	30.18	30.19	30.61	30.62
22	28.93	28.94	29.40	29.40
26	27.86	27.87	28.34	28.34
30	26.99	26.99	27.52	27.51

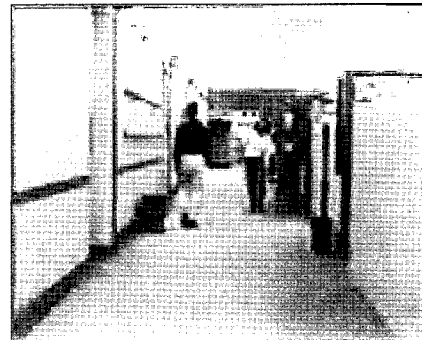
IV. 실험 결과

제안한 모서리 잡음 제거 방법의 성능을 평가하기 위해 MPEG-4 SP(Simple profile)를 수정하여 사용하였다. 복호된 영상의 품질을 측정하기 위해 PSNR을 계산하였고 실험 동영상으로 Foreman, Hall monitor를 이용하였다. 각 sequence는 QCIF format(frame size 176 x144)이며, YUV 4:2:0 형태이다.

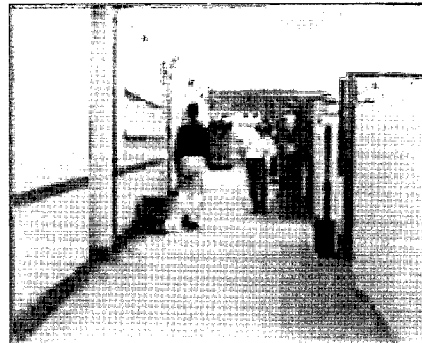
첫 번째 실험에서 모서리 잡음의 검출과 보상 성능을 확인하기 위해 모든 프레임을 화면내 부호화 영상으로, QP를 10에서 30까지 변화시키면서 각 300 프레임을 부호화 하였다. 모서리 잡음이 발생한 화소수는 전체 영상의 화소수와 비교하여 매우 작다. 그러므로 이를 보상하더라도 객관적 화질 측면에서 큰 차이가 나타나지 않는다. 그러므로 모든 영상을 화면내 부호화 하여 그



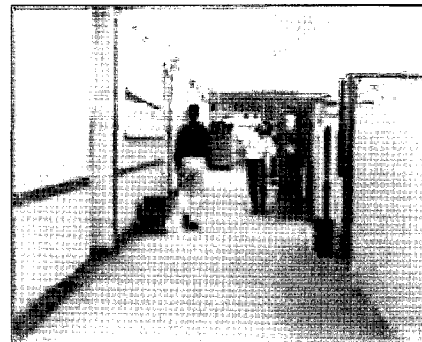
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 6. 복호화된 실험 영상(QP=22) (a) MPEG-4 SP (b) MPEG-4 SP + Deblocking filter (c) Proposed Method (d) Proposed Method + Deblocking filter

Fig. 6. Decoded Sequence(QP=18) (a) MPEG-4 SP (b) MPEG-4 SP + Deblocking filter (c) Proposed Method (d) Proposed Method + Deblocking filter.

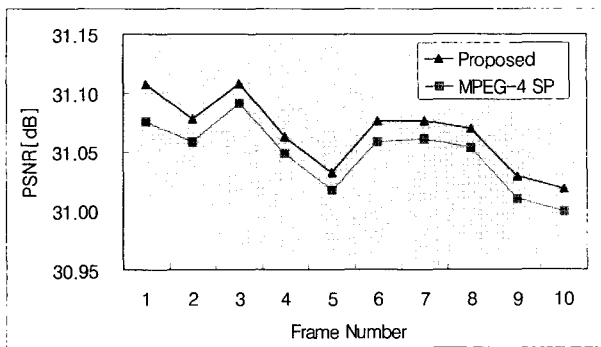


그림 7. 제안된 기법이 적용된 10프레임의 PSNR
Fig. 7. PSNR of 10 frames using the proposed method.

영향을 알아보았다.

표 1과 2는 MPEG-4 SP와 제안된 기법, 그리고 여기에 격자화 잡음 제거 필터를 사용한 부호화 기법에 대해 Foreman과 Hall Monitor sequence의 평균 PSNR 결과이다.

위의 표에서 보면, 제안된 방법을 적용한 영상이 PSNR측면에서 약간의 이득을 얻는 것을 볼 수 있다.

그리고 블록화 현상 제거 필터와 동시에 사용한 경우에도 PSNR이 상승하는 것으로 모서리 잡음이 격자 잡음 제거 필터로 제거 되지 않으며 제안된 기법이 모서리 잡음을 제거하는 것을 알 수 있다.

그림 6은 foreman 영상을 QP값 22로 부호화한 결과이다. 그림 6(a)는 MPEG-4 SP로 복호화된 영상으로 왼쪽하단의 벽과 바닥의 영상 경계에서 모서리 잡음이 발생하는 것을 볼 수 있다. 그림 6(b)는 MPEG-4 SP의 격자 잡음 제거 필터를 사용한 영상이다. 하지만 모서리 잡음이 여전히 제거 되지 않는 것을 확인 할 수 있다. 그림 6(c)는 제안된 기법을 적용한 영상이다. 그림 6(a)에서 벽과 바닥의 경계에서 보이던 모서리 잡음이 대부분 제거되었다. 그리고 그림 6(d)는 제안된 기법과 격자 잡음 제거 필터를 함께 사용한 영상으로 그림 6(b)와 비교하여 모서리 잡음이 발생했던 부분에서 더 높은 주관적 화질을 보인다.

두 번째 실험을 위해 Hall monitor 영상을 첫번째 화면내 부호화 영상과 9장의 화면간 부호화 영상으로 부호화하였다. 화면내 부호화 영상의 QP는 16이며 화면간 부호화 영상의 QP는 22이다. 이 실험 결과를 그림 7의 도표에 나타내었다. 제안된 기법은 화면내 부호화 영상에서만 필터링을 하여 프레임 버퍼에 삽입하므로 첫번째 영상에서만 필터링이 수행된다. 하지만 이후 화면간 부호화 영상에서 이를 참조하여 부호화된다. 그림 7을 보면 이후 화면간 부호화 영상의 PSNR이 참조영

상에서 모서리 잡음을 제거하여 개선된 것을 확인 할 수 있다.

V. 결 론

대부분의 영상 압축 방식에서 저비트율로 부호화할 경우 주관적 화질을 저하시키는 모서리 잡음이 나타난다. 격자 잡음 제거 필터는 이 모서리 잡음을 제거하지 못한다. 그러므로 이를 제거하는 필터가 필요하다. 이를 위해, 모서리 잡음의 발생과정과 특징을 분석하였다. 제안된 알고리즘은 loop 필터링 기법을 사용하여 먼저 모서리 잡음이 발생한 위치를 찾고 이후 이를 보상하는 필터를 적용한다. 이후 필터링된 영상을 프레임 버퍼에 입력하여 이후 화면간 부호화 영상으로의 전파를 막는다. 비록 이 모서리 잡음의 제거가 PSNR측면에서 많은 효과를 보장하지는 않지만 복호화 된 영상의 주관적 화질에 많은 개선 효과를 나타낸다.

참 고 문 헌

- [1] B. Jeon, et al, "Blocking Artifacts Reduction in Image Coding Based on Minimum Block Discontinuity Criterion", IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 8, NO. 3, pp.345-357, June 1998.
- [2] 김성득, 이재연, 나종범, "블럭기반으로 압축된 동영상을 위한 블럭화 현상 제거 기법", 전자공학회 논문지-S, 제35권 2호, pp.89-96, 1998년 2월.
- [3] Y. L. LEE, H. C. Kim, and H. W. Park, "Blocking Effect Reduction of JPEG Image by Signal Adaptive Filtering", IEEE Trans. on Image Processing, Vol. 7, NO. 2, pp.229-234, Feb. 1998.
- [4] H. W. Park and Y. L. Lee, "A Postprocessing Method for Reducing Quantization Effects in Low Bit-Rate Moving Picture Coding", IEEE Trans. on Circuits and System for Video Technology, Vol. 9, NO. 1, pp.161-171, Feb. 1999.
- [5] 홍윤표, 진병우, "Corner outlier 제거를 위한 후처리 기법", 대한전자공학회 신호처리소사이어티 추계학술대회 제 26권 2호, pp.11-14, 2003년 11월.
- [6] Olga Radovsky and Moshe Israeli, "Adaptive Deblocking of Block-transform Compressed Images Using Blending-Functions Approximation", IEEE International Conference on Image Processing, pp.227-230, Sep. 2003.
- [7] ITU-T Recommendation H.263, "Video Coding for Low Bit Rate Communication", Feb. 1998.
- [8] MPEG Video Group, "MPEG-4 Video Verification

Model version 17.0", ISO/IEC JTC1/SC29/WG11
N3515, July 2000.

저 자 소 개



홍 윤 표(학생회원)
2002년 성균관대학교 전자공학과
학사 졸업
2003년~현재 성균관대학교 전자
전기공학과 석사 과정
<주관심분야: 영상압축, 멀티미디어 응용>



전 병 우(정회원)
1985년 서울대학교 전자공학과
학사 졸업
1987년 서울대학교 전자공학과
석사 졸업
1992년 Purdue Univ, School of
Elec. 박사 졸업
1993년~1997년 삼성전자 신호처리연구소
수석연구원
1997년~현재 성균관대학교 정보통신공학부
부교수.
<주관심분야: 멀티미디어, 영상압축, 영상인식, 신
호처리>