

레터논문-10-15-5-09

비디오 부호화 루프 내에서 의사 윤곽 오차의 선택적 제거 알고리즘

유기원^{a,b)}, 손광훈^{a)†}

In-Loop Selective Decontouring Algorithm in Video Coding

Kiwon Yoo^{a,b)} and Kwanghoon Sohn^{a)†}

요약

디지털 영상 내의 평탄한 영역에 대한 양자화 과정은 종종 의도하지 않은 의사 윤곽 오차 (false contour artifact)를 발생한다. 본 레터논문에서는 통상적인 블록 기반 비디오 부호화 방식의 양자화 과정에서 발생하는 이러한 오차의 효율적 제거 알고리즘을 보인다. 먼저, 입력 블록에 대해 의사 윤곽의 발생 특성에 기반하여 추출된 특징값들을 이용하여 후보 블록을 선정 한다. 그리고, 해당 블록에 대해 미리 준비된 pseudo-random noise mask를 적용함으로써 의사 윤곽을 제거한다. 이러한 후보 블록 선정을 통한 선택적인 필터링 과정은 불필요한 처리를 최소화함으로써, 화질 열화 억제와 연산 복잡도 감소를 동시에 달성한다. 또한 블록 기반의 처리는 비디오 부호화 루프와의 통합을 용이하게 함으로써, 종래의 코덱 루프 밖에서의 후처리 필터링 방식과 비교하여 구현에 필요한 자원 절감과 프레임 지연 방지라는 측면에서 큰 이점을 갖는다. 제안 알고리즘은 H.264/AVC 표준 소프트웨어에 구현되어 율-왜곡 최적화 (rate-distortion optimization) 관점에서 압축 성능의 저하없이 낮은 복잡도에서 의사 윤곽을 효율적으로 제거함을 확인하였다.

Abstract

Contour artifact is known as the unintentional result of quantizing a flat area that has smooth gradients. In this letter, a decontouring algorithm is proposed to efficiently remove false contours that occur in typical block-based video coding applications. First, the algorithm goes through a refinement stage to determine candidate blocks probably having noticeable false contours with different kinds of features in a block. Then, pseudo-random noise masking is applied to those blocks to mitigate the contour artifacts. This block-based selective decontouring can efficiently remove the unnecessary processing of those blocks that have no false contour, which incidentally ensures a minor penalty in visual quality and computational complexity. The proposed algorithm was demonstrated, integrated into H.264/AVC, that visual quality can be significantly enhanced with an ignorable rate-distortion (RD) loss and an minor increase in computational complexity.

Keyword : False contour, Contour artifact, Decontouring, Selective processing, Video coding

1. 서론

H.264/AVC 비디오 부호화 표준은 저전송율 환경에서

a) 연세대학교 전기전자공학부
School of Electrical & Electronic Engineering, Yonsei Univ.

b) 삼성전자 DMC연구소
DMC R&D Center, Samsung Electronics

† 교신저자 : 손광훈(khsohn@yonsei.ac.kr)

· 접수일(2010년7월5일), 수정일(2010년8월25일), 게재확정일(2010년8월25일)

양자화 과정에 의해 유발되는 블록화 오차 (blocking artifact)를 감소하기 위한 방안으로 디블록킹 필터를 코덱 루프 내에서 선택적으로 이용한다. 하지만 같은 원인에서 발생하는 또 다른 오차인 의사 윤곽 오차 (false contour 또는 contour artifact)에 대한 대응은 여전히 부재하다.

일반적인 비디오 부호화 환경에서 시각적으로 인지되는 의사 윤곽은 인접한 화소들 간에서 낮은 변화도 (gradient)

를 갖는 영상 내의 배경 또는 객체 내부의 평탄한 (smooth) 영역들에 대한 양자화 과정에서 발생한다. 이것은 화소의 표현 계조 (dynamic range)와 밀접하게 관련이 되며, 낮은 표현 계조에서는 더욱 두드러져 보이게 된다. 연구에 따르면 대부분의 비디오 데이터들과 관련된 표현 계조가 8비트 인 경우에서 의사 윤곽은 인접 화소들 간에 ± 1 정도의 작은 차이에서 시각적으로 인지되며, 이 값보다 큰 경우에는 구분의 모호성으로 인해 실제 윤곽 또는 경계 정보로 구분된다^[2]. 한편 인간 시각 특성에 따르면 8비트 영상의 경우에서 휘도에 대한 변화 인지는 배경의 휘도값이 128을 기준으로 할 때 0이나 255의 양 극단에서보다는 중간 휘도값 주변에서 더욱 민감하다고 알려져 있다^{[4][5]}. 이에 근거하여 의사 윤곽의 시각적 인지 역시도 주변의 휘도값이 중간 영역대에 분포하는 경우에서 더욱 민감하게 인식된다.

이러한 특성을 갖는 의사 윤곽을 효과적으로 제거하기 위해 기존의 연구들에서는 디더링 (dithering)을 이용한 방법들이 다양하게 응용되어 왔다. [1]에서는 화소 단위에서 현재와 이전 프레임의 동일한 위치에서의 밝기와 이전 프레임에서 적용되었던 노이즈에 대한 정보를 이용하여 새로운 노이즈를 생성하여 적용하였다. 이러한 방법은 이전 프레임에 대한 정보를 저장하기 위한 많은 저장 공간을 필요로 한다. Bhagavaty 등은 다양한 크기의 국부 윈도우 (local windowing)을 이용하여 인접 화소들 간의 관계를 통계적으로 분석한 후, 의사 윤곽의 존재와 범위를 화소 단위에서 확률적으로 정의하였다. 그리고 이러한 정보에 기반하여 디더링에 사용될 노이즈 신호를 생성/이용하였다^[2]. 이러한 일련의 과정은 의사 윤곽이 모두 제거될 때까지 반복 수행되며, 따라서 극심한 연산량과 동시에 이전 처리된 결과와 확률 정보 등을 담기위한 상당량의 저장 공간을 요구한다. 한편, H.264/AVC의 표준화 과정에서 디블록킹 필터링 과정에서 고정된 5탭 필터를 이용한 디더링을 통해 의사 윤곽을 제거하려는 시도가 있었다^[3]. 이 방법은 의사 윤곽의 존재 유무와 관계없이 디블록킹 필터의 동작 시에 블록 경계의 주변에서만 수행된다는 단점이 있다.

기존의 방법들이 안고 있는 이러한 단점들을 극복하기 위해, 본 레터논문에서는 비디오 코덱의 루프 내에서 매크로블록 단위에서 선택적으로 의사 윤곽을 제거하는 알고리

즘을 제안한다. 제안 알고리즘의 분명한 장점은 비디오 코덱 루프 내에서의 처리를 통해 독립된 후처리 과정으로 다루어질 때의 높은 구현 부하와 프레임 지연을 방지할 수 있으며, 의사 윤곽의 보유 후보 블록에 대한 선택적인 처리는 확실적인 디더링을 통해 나타낼 수 있는 코딩 효율과 화질의 열화를 최소화한다. 세부 동작은 앞서 설명한 의사 윤곽의 다양한 특징들을 이용하여 후보 블록을 선정하고, 선택적으로 의사 난수의 노이즈 마스크를 적용함으로써 의사 윤곽을 시각적으로 감소한다.

본 논문은 구성은 다음과 같다. II장에서는 제안 알고리즘과 관련한 의사 난수의 노이즈 마스크 생성, 의사 윤곽 검출/제거 과정이 상세히 설명된다. 그리고 제안 알고리즘이 비디오 코덱에서 응용되는 과정을 III장에서 설명된다. IV장에서는 실험환경과 결과를 보이며, V장에서 결론을 맺는다.

II. 의사 윤곽 검출 및 제거 알고리즘

제안 알고리즘의 목표는 통상적인 비디오 코덱의 루프 내에서 효율적으로 의사 윤곽을 제거하는 것을 목표로 한다. 따라서, 비디오 코덱 루프와의 동기화를 위해서는 낮은

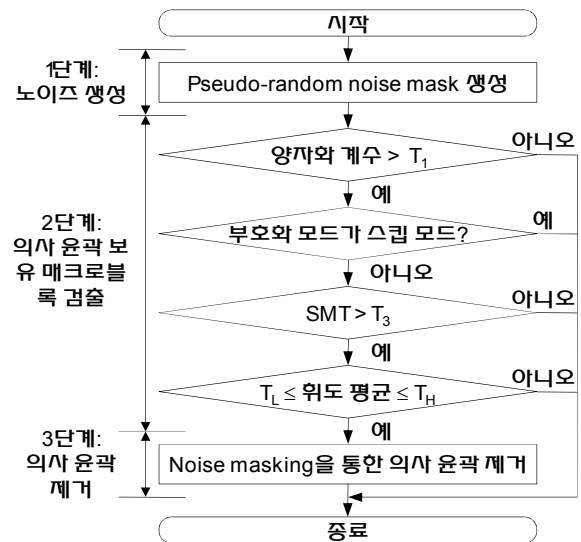


그림 1. 제안 알고리즘의 동작 순서도
Fig. 1. Overall flowchart of the proposed algorithm

복잡도에서 높은 성능이 전제되어야 한다. 구체적으로 제안 알고리즘은 비디오 부호화 (또는 복호화) 루프의 최종 단계에서 16×16 화소 크기의 매크로블록 단위로 수행이 되며, 전체 동작은 의사 난수 형태의 노이즈 마스크 (pseudo-random noise mask, 이후 PRNM) 생성, 후보 매크로블록 결정, 의사 윤곽 제거의 세 단계로 구분되며, 이것을 그림 1에서 보인다.

1. PRNM 생성

여기서는 매크로블록 단위의 의사 윤곽 제거에 사용할 노이즈 마스크를 생성한다. 이것은 YUV420 비디오 입력을 가질 때, 입력 매크로블록을 구성하는 하나의 휘도와 두 색차 신호와 동일한 크기의 16×16 과 두 개의 8×8 의 총 세 개의 노이즈 마스크로 나타난다. 이때, 노이즈 마스크를 구성하는 개별 화소값은 서론에서 언급한 의사 윤곽과 실제 윤곽 또는 경계 정보를 구분한 정의에 따라 0, +1, -1의 세 개 값들 중에 하나를 갖게 되며, 구체적으로 어떤 값을 갖게 되는지는 앞서의 세 개 값들에 대해 0.5, 0.25, 0.25의 발생 확률을 지정한 후 임의적으로 생성된 값으로 결정된다. 본 논문에서 사용되는 의사 난수 (pseudo-random)라는 용어는 발생 가능한 화소값과 그 화소의 발생 확률이 구체적으로 한정된 상태에서 임의 생성되는 것을 의미한다. 이렇게 생성된 노이즈 마스크는 이어지는 과정에서 의사 윤곽을 가졌을 것으로 예측되었던 매크로블록들에 대해서 선택적으로 적용된다.

2. 의사 윤곽 보유 매크로블록 검출

이 과정은 PRNM의 불필요한 사용으로 인해 발생하는 화질 열화와 연산량을 감소시키는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 매크로블록 단위에서 의사 윤곽을 보유했을 것으로 판단되는 후보 매크로블록을 여러 가지 특징값들을 이용하여 선정한다. 구체적으로, 복잡도를 고려한 네 단계의 선정 과정을 통해서 노이즈 마스크가 적용될 최종 후보가

결정된다. 먼저 1단계에서는 의사 윤곽이 비디오 부호화 과정의 양자화와 관련된다는 사실에 기반하여 매크로블록에서의 양자화의 정도와 의사 윤곽의 시인성간의 관계를 실험적으로 확인하였다. 이를 통해 양자화 계수가 특정 임계값 (T1) 보다 작은 경우에는 의사 윤곽이 시각적으로 문제되지 않음을 확인하였고, 이에 기반하여 1차 후보가 걸러진다. 2단계에서는 매크로블록의 부호화 모드가 스킵인 경우에서 해당 블록은 후보에서 배제한다. 일반적으로 스킵 모드의 매크로블록은 시간적으로 앞서 복원된 픽처를 움직임 정보만을 이용하여 참조함으로써 복원된다. 이때 이전 픽처의 참조되는 위치가 의사 윤곽을 포함했던 경우에는 노이즈 마스크의 결과가 이미 반영되었을 것이며, 그렇지 않은 경우에 대해서는 노이즈 마스크가 필요하지 않은 경우로 판단할 수 있다. 또한, 전자의 경우를 방지한 경우에서 발생하는 노이즈 신호의 확산은 압축 효율과 주관적 화질의 열화를 초래할 수 있다. 따라서 스킵 모드의 매크로블록을 걸러냄으로써 후보 선정의 정밀함을 높이며 동시에 이러한 에러 확산을 방지할 수 있다. 3단계에서는 의사 윤곽이 평탄한 영역에서 주로 발생한다는 사실에 기반하여 매크로블록 내의 화소 분포의 평탄한 정도를 정량화하여 이용한다. 이것의 세부 과정을 아래에서 보인다.

- ① 16×16 의 휘도 블록을 16개의 4×4 의 소블록들로 나눈다. 그리고 각 소블록들의 우측 상단의 화소를 만으로 표본 블록 $x_{i,j}$ ($0 \leq i,j < 3$)을 생성한다.
- ② 표본 블록에서 수평, 수직, 좌/우 대각선의 네 방향에 대해 인접 화소값들간의 차분값을 평가하는 아래의 수식 (1)을 통해 평탄도 (SMT: Smoothness) 를 예측한다. 여기서,

$$f(\Delta) = \begin{cases} 1, & \text{if } |\Delta| \leq T_2 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

- ③ 구해진 평탄도가 임계값 (T3) 보다 크다면 매크로블록은 충분히 평탄한 것으로 판단되며, 그렇지 않은 경우에는 후보에서 제외된다.

$$SMT = \sum_{i=0}^2 \sum_{j=0}^2 \left\{ \underbrace{f(x_{i,j} - x_{i+1,j})}_{\text{수평방향}} + \underbrace{f(x_{i,j} - x_{i,j+1})}_{\text{수직방향}} + \underbrace{f(x_{i+1,j} - x_{i,j+1})}_{\text{좌-대각방향}} + \underbrace{f(x_{i,j} - x_{i+1,j+1})}_{\text{우-대각방향}} \right\} \quad (1)$$

후보 선정의 최종 단계는 Weber-Fechner의 법칙 [4]에 기반한 인간 시각 특성이 이용된다. 일반적인 사람의 눈은 휘도 신호의 변화를 인지함에 있어서 양극단에 위치한 값들보다는 중간 영역에서 더욱 민감하다고 밝혀져 있으며^[5], 실험을 통해 이러한 사실이 의사 윤곽의 경우에서도 여전히 유효함을 확인하였다. 따라서 1-3단계를 통과한 후보에 대해 표본 블록에서 구한 휘도의 평균값이 [TL, TH]에 속하는 경우로 한정함으로써 최종 후보를 결정한다.

3. 노이즈 마스크를 통한 의사 윤곽 제거

앞선 과정들에서 우리는 먼저 통상적인 블록 기반 비디오 코덱의 휘도와 두 색차 신호들에 대해 매크로블록 단위에서 적용하기 위한 PRNM들을 각각 생성하였다. 그리고 의사 윤곽이 갖는 일반적 특성들을 이용하여 이것이 나타났을 것으로 예측되는 후보 매크로블록을 네 단계의 정제 과정을 거쳐 면밀히 결정하였다.

본 과정에서는 결정된 후보 매크로블록에 디터 신호를 적용함으로써 의사 윤곽을 시각적으로 감소시킨다. 구체적으로 매크로블록 단위에서 제안 과정의 입력은 하나의 휘도 $X_{i,j}^L$ 와 두 색차 신호 $X_{i,j}^{Cb}$, $X_{i,j}^{Cr}$ 에 대해 미리 생성된 노이즈 마스크 $D_{i,j}^L$, $D_{i,j}^{Cb}$, $D_{i,j}^{Cr}$ 를 각각 적용한다. 이것을 아래의 식에서 보인다.

$$Y_{i,j}^T = X_{i,j}^T + D_{i,j}^T \quad (3)$$

여기서 $Y_{i,j}^T$ 는 의사 윤곽이 억제된 최종 출력 신호이며, T는 L, Cb, Cr의 휘도와 색차 신호들을 식별하는 구분자이며, i와 j는 매크로블록의 수평/수직 방향에서의 위치를 각각 나타낸다. 이때, i와 j는 $0 \leq i, j < NT$ 의 범위에서 존재하며, NL은 16으로 NCb와 NCr은 비디오 입력에 따라 가변적으로 통상적인 YUV420 비디오 형식에 대해서는 8로 정의된다.

이러한 의사 윤곽의 제거 과정은 엄격히 선정된 후보들만으로 한정함으로써 연산량을 크게 절감한다. 또한, 후보 매크로블록을 잘못 판정한 경우에서의 부적절한 필터링 과정에서 노이즈 마스크가 0, ±1의 세 개의 최소 화소값들만을 이용하여 생성되었으므로 시각적으로 발생 가능한

문제와 부호화 성능에 미치는 악영향을 최소화한다.

III. 비디오 코덱과의 응용

제안 알고리즘에서 사용되는 노이즈 마스크들은 비디오 부호화 과정의 시작에서 생성된 후, 매크로블록/슬라이스/픽처/GOP/시퀀스 단위에서 임의적으로 갱신 가능하다. 이러한 갱신은 앞 장에서 설명한 PRNM의 생성 과정과 동일하다. 제안 알고리즘이 의도하는 것은 비디오 부호화/복호화 과정과의 완벽한 동기화로써, 이것은 제안 알고리즘이 적용되었을 때에도 비디오 코덱의 양 단에서 복원된 결과의 불일치 (mismatch)가 발생하지 않아야 한다는 것을 의미한다. 이를 위해서는 부호화 과정에서 생성/이용된 PRNM 정보와 후보 매크로블록들에 대한 위치 정보를 복호화 과정에서 이용할 수 있어야 한다.

먼저, PRNM 정보는 휘도와 색차 신호들에 대한 노이즈 마스크들을 모두 부호화하여 전송한다. 이때, 부호화 과정의 효율을 높이기 위한 단서를 PRNM의 생성 과정으로부터 얻는다. 노이즈 마스크를 구성하는 개별값들은 0, +1, -1의 세 개의 값에 대해 각각 0.5, 0.25, 0.25의 발생 확률에 기반하며, 따라서 이러한 확률 정보로부터 각 값을 0, 10, 11의 이진코드로 부호화하여 전송한다. 여기서의 문제는 이러한 PRNM 정보의 갱신 횟수에 비례하여 전송해야 되는 데이터량이 증가함으로써 부호화 효율이 크게 악화될 수 있다는 것이다. 우리는 이를 방지하기 위해 PRNM의 적절한 갱신 주기를 확인하기 위한 실험을 수행하였다. 주관적 화질 관점에서 평가된 실험 결과에 따르면, 적용되는 모든 매크로블록마다 PRNM을 갱신하였을 때와 한 시퀀스 전체에서 단일 PRNM을 사용하였을 때에서 화질 차이가 크지 않다는 것을 시각적으로 확인하였다. 하지만, 단일 PRNM을 이용할 때, 인접한 블록 간에서 연속적으로 적용되거나 또는 인접한 영상들의 동일한 블록 위치에서 단일 PRNM이 이용되는 경우에서 적용된 노이즈 마스크의 흔적이 미세한 패턴의 형태로 관측될 수도 있다. 이러한 문제는 0°, 90°, 180°, 270°의 네 방향으로 회전된 형태의 노이즈 마스크들을 매크로블록에 순차적으로 적용함으로써 방지할 수 있다.

마지막으로 부호화 과정에서 PRNM이 적용된 매크로블록을 부호화 과정에서 인지하는 것은 후보 매크로블록 검출 과정을 부호화 과정에서 동일하게 수행함으로써 가능해진다. 이 과정의 연산 복잡도는 통상적인 비디오 부호화기의 복잡도에 비해 무시될 만한 수준이며, 아울러 관련 정보의 전송은 불필요해진다.

IV. 실험 결과

제안 알고리즘은 성능 검증을 위하여 H.264/AVC 표준 소프트웨어인 JM15.1에 구현되었으며. 코덱 내에서는 디블록킹 필터의 뒷 단에 위치한다. 실험 데이터는 100개의 프레임들로 구성된 1920 × 1080 크기의 4개 비디오가 사용되며, 비디오 코덱의 설정은 다음과 같다: "IBBP" GOP 구조, 프레임 코딩, RDO 쉼, 28/32/36/40의 4개 양자화 계수, CABAC 사용. 제안 알고리즘에서 사용된 임계값들은 윌-외콕 효율과 주관적 화질을 고려한 최적화 실험을 통해 T1=23, T2=4, T3=36, TL=20, TH=180으로 결정되었다.

주관적 화질 평가는 ACR (Absolute Category Rating) 방법을 이용하여 수행되었다. 이는 ITU-T REC P.910에서 권장되는 방법으로 현재 VQEG과 ITU를 중심으로 이루어지고 있는 멀티미디어 화질평가 모델 개발에서 폭넓게 사용되고 있다^{6, 7}. 구체적으로 ACR 방법에서는 원본 영상과 처리 영상을 무작위로 섞어놓고 각각의 영상을 한 번만 보여준 후, 평가자는 각 영상에 대해 5가지 (Excellent, Good, Fair Poor, Bad) 중의 하나로 평가한다. 이러한 평가 결과는 통상 1~9사이의 값으로 수치 환산되어 MOS (Mean Opinion Score)로 언급된다. 최종 화질 평가는 두 비교 대상 간의 MOS를 뺀 수치인 DMOS (Difference of MOS)를 통해 보이게 되며, 이 값이 작을수록 처리 영상은 원본 영상과의 주관적으로 더욱 유사해 보이는 것을 의미한다. 본 실험은 10명의 초보자와 13명의 전문가로 구성된 23인의 피실험인으로 진행되었다.

마찬가지로 객관적 화질과 연산 복잡도의 평가 역시도 알고리즘 적용 전후의 결과를 비교하는 방향으로 진행되었다. 객관적 화질은 Bjontegaard delta PSNR (Δ PSNR) 과 bitrate

(Δ BR) 로 평가되며⁸, 알고리즘의 연산 복잡도는 부호화/부호화 과정에서 걸린 실행 시간의 차이 (Δ TIME) 를 이용한다.

표 1은 실험 결과를 보인다. 먼저, 평균 DMOS에 대한 비교에서 제안 알고리즘을 적용한 것이 적용 전보다 0.71 정도 더 낮게 나왔다. 이것은 주관적 화질 측면에서 제안 알고리즘을 적용함으로써 복원 영상이 원 영상에 더 근사하게 보임을 의미한다. 또 한편으로, PSNR과 bitrate의 비교에서는 노이즈 신호의 삽입에도 불구하고 -0.02 %와 0.33 %라는 극소의 손실만이 관측되었으며, 연산 복잡도는 부호화 와 부호화 과정에서 각각 0.26 %, 0.03 %만이 증가하였다.

표 1. 실험 결과
Table 1. Experimental results

비디오	Δ PSNR (%)	Δ BR (%)	Δ TIME (%)		DMOS	
			부호화	복호화	H.264	제안기술
ParkJoy	+0.03	0.12	0.30	0.01	3.00	2.33
RushHour	-0.07	0.32	0.45	0.03	2.56	1.56
Pedestrian	+0.05	0.55	0.52	0.05	1.92	1.36
PlayCards	-0.09	0.32	0.65	0.02	1.73	1.09
평균값	-0.02	0.33	0.26	0.03	2.30	1.59

표 2는 실험에 사용된 비디오들에 대해 사용된 QP에 따른 제안 알고리즘의 적용 비율을 보인다. 구체적으로 해당 비디오 영상에서의 전체 매크로블록의 수에 대해 제안 알고리즘이 적용된 매크로블록 수의 비율을 퍼센트로 표시한 것이다. 먼저 각 비디오들에 대한 채택율은 PlayCards > RushHour > Pedestrian > ParkJoy의 순으로 확인된다. 이것은 비디오의 텍스처 및 움직임 복잡도와 관련된다. 제안 알고리즘의 후보 매크로블록의 선정은 평탄한 정도를 감안하기 때문에 텍스처가 복잡해질수록 적용 대상 매크로블록의 수는 줄어들게 된다. 또한 움직임 복잡도가 작아질수록 적

표 2. 제안 알고리즘의 적용 비율 [단위: %]
Table 2. Applied ratio of the proposed algorithm

비디오	QP				평균
	28	32	36	40	
ParkJoy	7.15	6.51	5.99	5.45	6.27
RushHour	7.82	7.14	6.50	5.91	6.84
Pedestrian	7.69	6.94	6.46	5.88	6.74
PlayCards	8.03	7.26	6.68	6.14	7.03
평균	7.67	6.96	6.40	5.85	6.72

용 비율은 줄어든다. 이것은 P와 B프레임들에서 스킵 모드의 매크로블록 수가 많아지며, 이러한 매크로블록들이 선정 과정에서 스킵 모드가 아니어야 한다는 조건에 의해 걸러지기 때문이다. 실험에 사용된 비디오들의 복잡도는 앞서의 적용 비율과 역순으로 이러한 사실을 입증하고 있다. 마찬가지로 부호화 과정에서 더 높은 QP를 사용하는 것은 스킵 모드의 더 많은 매크로블록들을 발생하게 되어 제안 알고리즘의 적용 비율은 낮아지게 된다.

그림 2는 Pedestrian 와 ParkJoy 비디오에서 추출된 150

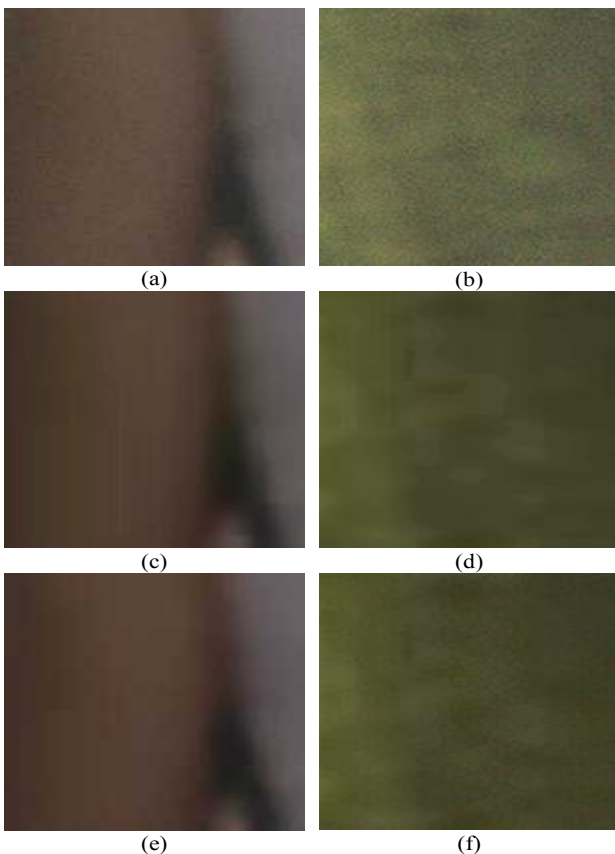


그림 2. ParkJoy (좌)와 Pedestrian (우)의 주관적 화질 비교 (QP=32). (a),(b) 원 영상; (c),(d) H.264/AVC 부호화 결과; (e),(f) (c),(d) 영상에 제안 알고리즘 적용 후 결과.

Fig. 2. Visual quality comparison of Pedestrian(left) and ParkJoy (right) when QP=32. (a),(b) original patches; (c),(d) reconstructed outputs of H.264; and (e),(f) filtered outputs by proposed algorithm.

(주의: 의사 윤곽 오차와 적용된 노이즈 마스킹의 효과는 평탄한 영역에서 ±1 정도의 값의 차이로 나타나기에 화면에서는 관측이 되나 인쇄 시에는 보이지 않을 수도 있습니다.)

× 150 크기의 영상들을 보인다. 여기서 H.264/AVC 부호화기의 출력 영상은 원 영상과 비교하여 뚜렷한 의사 윤곽이 관측된다. 하지만, 제안 알고리즘을 적용함으로써 이러한 오차는 크게 저감되어 최종 결과 영상은 시각적으로 더욱 자연스럽게 되었다.

V. 결 론

본 레터논문에서는 일반적인 비디오 부호화 과정에서 발생하는 의사 윤곽을 제거하는 저 복잡도의 알고리즘을 제안하였다. 제안 알고리즘의 장점은 매크로블록 단위의 동작에 기반함으로써 비디오 부호화기와의 동기화가 용이하다는 것이다. 또한 노이즈 마스킹에 사용되는 noise mask가 0/±1의 최소 화소값들로 구성되어 거짓 양성 (false-positive)의 경우에서도 시각적인 문제는 최소화되며, 그 효과는 의사 윤곽의 경우로만 한정된다. 제안 알고리즘의 성능과 효율성은 H.264/AVC에 구현되어 다양한 실험을 통해 입증되었다. 향후 블록 기반의 비디오 부호화기를 갖는 기기들에서 제안 알고리즘은 후처리 기반의 기존 방법들을 대체할 수 있는 유용한 대안이 될 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

- [1] J. M. Boyce and A. M. Tourapis, "Comport noise for compressed video," IEEE Conference on Consumer Electronics, pp. 323-324, Jan. 2005.
- [2] S. Bhagavathy et al., "Multi-scale probabilistic dithering for suppressing contour artifacts in digital images," IEEE Trans. on Image Processing, Sep. 2009.
- [3] G. Conklin and N. Gokhale, "Dithering 5-tap filter for inloop deblocking," JVTofISO/IECMPEG&ITU-TVCEG,JVT-C056, May 2002.
- [4] A. N. Netravali and B. G. Haskell, "Digital pictures: representation and compression," Plenum Press: 2nd Edition, 1988.
- [5] Z. Wei and K. N. Ngan, "Spatial just noticeable distortion profile for image in DCT domain," IEEE Intl. Conf. Multimedia and Expo, pp. 925-928, Apr. 2008.
- [6] ITU-T Recommendation P.910, "Subjective video quality assessment methods for multimedia applications," Sep. 1999.
- [7] VQEG, "Multimedia Group Test Plan," 2006.
- [8] G. Bjontegaard, "Calculation of average PSNR differences between RD curves," VCEG-M33, 13th Meeting: Austin, TX, Apr. 2001.