

블록기반 동영상 부호화에서의 웨이블릿 변환을 이용한 양자화 잡음 제거

문기웅, *장익훈, 김남철
경북대학교 전자공학과, *경운대학교 전자공학과

Reduction of Quantization Noise in Block-Based Video Coding Using Wavelet Transform

Ki Woong Moon, Ick Hoon Jang, and Nam Chul Kim
Dept. of Electronic Engineering, Kyungpook National University
E-mail : kwmoon@palgong.knu.ac.kr

Abstract

In this paper, the quantization noise in block-based video coding is analyzed, and a post-processing method based on the analysis is presented for reducing the quantization noise by using a wavelet transform(WT). In the proposed method, the quantization noise is considered as the sum of a blocking noise expressed as a deterministic profile and the random remainder noise. Each noise is removed in a viewpoint of image restoration using a 1-D WT, which yields a regularized differentiation. The blocking noise first is reduced by weakening the strength of each blocking noise component that appears as an impulse in the first scale wavelet domain. The impulse strength estimation is performed using median filter, quantization parameter(QP), and local activity. The remainder noise, which is considered as a white noise at non-edge pixels, then is reduced by soft-thresholding. The experimental results show that the proposed method yields better performance in terms of subjective quality as well as PSNR performance over VM post-filter in MPEG-4 for all test sequences of various compression ratios. We also present a fast post-processing in spatial domain equivalent to that in wavelet domain for real-time application.

I. 서론

MPEG, H.263과 같은 블록기반의 동영상 부호화 방식에서는 양자화라는 유손실 압축 과정으로 인하여 양자화 잡음이 부가된 재생영상을 얻게 된다. 이러한 양자화 잡음은 압축률이 높아질수록 두드러져서 블록기반 부호화 영상에서 화질을 저하시키는 요인이 되는데, 그 대표적인 것이 블록화 현상과 링잉 현상이다. 블록화 현상은 인접 블록간의 독립적인 양자화로 인하여 부호화 된 영상에서 블록경계를 따라 밝기값의 불연속으로 나타나는데, 인터모드(inter mode)로 부호화할 시 움직임 보상에 의해 다음 프레임으로 전파될 수 있다. 링잉 현상은 에지 주위에서 고주파 계수들의 손실로 인해 오진동(spurious oscillation) 형태로 나타난다. 이러한 양자화 잡음에 의한 현상들을 제거하기 위해 다양한 후처리 방법들이 연구되어 왔다[1-4].

이중 블록기반 동영상 부호화에서의 후처리 방법은 대부분 공간영역에서 간단한 1차원 또는 2차원 필터를 적용적으로 사용하여 블록화 현상과 링잉 현상을 제거하고 있다[1-3]. MPEG-4의 VM(verification model) 후처리 알고리즘[1]은 블록 경계를 중심으로 1차원 필터링을 통해 블록화 현상을 제거하고 에지가 아닌 화소에 대해 2차원 필터를 사용하여 링잉 현상을 제거하고 있다. Apostolopoulos 등[2]과 Park 등[3]은 DCT 계수나 움직임 벡터

(motion vector)를 이용하여 각 블록에 대한 처리 유부와 필터링의 강약을 조정하여 블록화 현상과 링잉 현상을 제거하였다.

이러한 기존의 동영상 후처리 방법이 얼마나 효율적인지를 재고하면서, 보다 효과적인 후처리를 위해 양자화 잡음의 특성을 분석하여 이를 제거할 필요가 있다. 이미 정지영상 부호화의 후처리 방법으로서 웨이블릿 변환을 이용하여 블록화 잡음을 다중 스케일 공간상에서 모델링하여 제거하는 분석적인 접근 방법[4]이 제시된 바 있다. 본 논문은 이러한 방법을 동영상 부호화에 확장 적용한 후처리 방법에 관한 것으로서 인터 모드(inter mode) 부호화 시 전파되는 블록화 잡음과 링잉 잡음을 포함한 나머지 잡음을 제거하고자 한다.

본 논문에서는 블록기반 동영상 부호화에서 나타나는 양자화 잡음의 특성을 분석하고, 이를 기반으로 1차원 웨이블릿 변환[5]을 이용하여 양자화 잡음을 제거한다. 양자화 잡음의 분석은 양자화 잡음을 블록화 잡음과 링잉 잡음을 포함한 나머지 잡음의 합으로 간주하고 이들 각각에 대하여 이루어진다. 그 결과, 블록화 잡음은 인접 영역의 국부 활동도(local activity)에 따라 두 가지 반대칭적인 프로파일(anti-symmetrical profile)을 가지는 반면에 나머지 잡음은 에지가 아닌 화소에서 백색 가우시안 잡음(white Gaussian noise)의 특성을 가짐을 확인할 수 있었다. 특정 프로파일로 나타나는 블록화 잡음은 다음과 같은 3단계 과정을 통해 제거한다. 먼저, 블록화 잡음에 대한 두 가지 프로파일 중 하나를 웨이블릿 상세 신호의 국부 에너지를 이용한 영역 분류를 통해 선택한다. 그다음 블록화 잡음 성분들의 강도를 인트라 모드(intra mode)로 부호화된 블록에서는 블록 경계만을, 인터 모드로 부호화된 블록에서는 모든 화소에 대해 추정한다. 이때 복잡한 질감 영역이나 낮은 압축률에 대해서도 보다 효과적으로 블록화 잡음 성분의 강도를 추정하기 위해 메디안 필터만 사용하는 [4]와는 달리 양자화 파라미터와 웨이블릿 영역에서의 국부 에너지도 함께 이용한다. 블록화 잡음은 부호화 신호와 추정된 블록화 잡음과의 차로써 제거된다. 에지가 아닌 화소에서 백색 가우시안 잡음의 특성을 가지는 나머지 잡음은 다음의 2단계 과정에 의해 제거된다. 먼저, 첫 번째 스케일과 두 번째 스케일 상세신호간의 곱에 대한 역치화를 수행하여 에지와 에지가 아닌 화소를 구분한다. 그런 다음 에지가 아닌 화소에 대해서만 연역치화(soft-thresholding)[6]를 수행한다.

II. 제안한 웨이블릿 변환을 이용한 동영상 후처리 방법

2.1 1차원 웨이블릿 변환

본 절에서는 Mallat 등[5]이 제안한 1차원 웨이블릿 변환에 의한 다중 스케일 분해 및 합성에 대해 간단히 소개한다. 원 신호

$f(n)$ 에 대한 l 번째 스케일에서의 상세 신호(detail signal)를 $W^l f(n)$, 개략 신호(coarse signal)를 $S^l f(n)$ 이라고 하면, $l (>0)$ 번째 스케일에서 $f(n)$ 에 대한 웨이브렛 변환은 다음과 같이 $l-1$ 번째 스케일 개략신호 $S^{l-1} f(n)$ 으로부터 l 번째 스케일의 개략신호 $S^l f(n)$ 과 상세신호 $W^l f(n)$ 로 분해하는 것이다.

$$W^l f(n) = S^{l-1} f(n) * g(n/2^{l-1}), l \geq 1 \quad (1)$$

$$S^l f(n) = S^{l-1} f(n) * h(n/2^{l-1}), l \geq 1 \quad (2)$$

여기서 W 와 S 는 각각 웨이브렛 연산자와 평활화 연산자를 나타내고, 디지털 필터 $d \in \{g, h, k\}$ 에 대해 $d(n/2^l)$ 은 다음과 같다.

$$d(n/2^l) = \begin{cases} d(m), & \text{if } n=2^l m \text{ for } m \in Z \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

$g(n)$ 은 웨이브렛 변환을 위한 분해 고역 통과 필터(high pass filter)로서 가우시안과 매우 가까운 큐빅 스플라인 필터(cubic spline filter)에 대한 1차 도함수로부터 얻은 것이다. 이는 웨이브렛이 정규화된 미분을 의미함을 나타낸다. 그리고 $h(n)$ 은 분해 저역 통과 필터이다. 한편, 역웨이브렛 변환은 다음과 같이 합성 고역 필터 $k(n)$ 과 $h(n)$ 의 켈레 복소수(complex conjugate)로 주어지는 합성 저역 필터 $\tilde{h}(n)$ 을 사용하여 반복적인 과정에 의해 원 신호 $f(n)$ 을 복원하는 것이다.

$$f(n) = W^l f(n) * k(n) + S^l f(n) * \tilde{h}(n) \quad (4)$$

$$S^{l-1} f(n) = W^l f(n) * k(n/2^{l-1}) + S^l f(n) * \tilde{h}(n/2^{l-1}) \quad (5)$$

$$, 2 \leq l \leq L$$

이와 같은 웨이브렛 변환은 변환된 신호에 대해 간축(decimation) 및 보간(interpolation)을 하지 않기 때문에 각 스케일의 변환 신호가 원래의 크기로 유지된다. 그리고 불연속으로 나타나는 블록화 잡음에 대하여 정규화된 미분을 표현하는 웨이브렛 상세 신호에서 안정된 모델링을 할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 웨이브렛 변환을 양자화 잡음 제거에 사용한다.

2.2 양자화 잡음에 대한 해석

영상신호를 수평 또는 수직 방향의 1차원 신호들의 집합으로 간주하고, $M \times N$ 영상을 $B \times B$ 크기의 블록으로 부호화 했을 때 $1 \times N$ (또는 $M \times 1$)의 수평 또는 수직 복호화 신호를 $y(n)$ 이라고 하자. $y(n)$ 은 원 신호 $f(n)$ 과 양자화 잡음의 합으로 나타낼 수 있고 양자화 잡음은 다시 블록화 잡음 $b(n)$ 과 나머지 잡음 $r(n)$ 의 합으로 나타낼 수 있다[5]. 그러므로 $y(n)$ 은 다음과 같이 표현된다.

$$y(n) = f(n) + b(n) + r(n) \quad (6)$$

[5]에서는 블록경계에서의 블록화 잡음만을 제거하고자 한 반면, 본 논문에서는 블록경계뿐만 아니라 블록내에 전파되는 블록화 잡음과 나머지 잡음도 제거하고자 한다. 블록화 잡음과 나머지 잡음을 순차적으로 추정에 의해 제거함으로써 원 영상을 복원하는 과정은 다음과 같이 표현된다.

$$\hat{f}(n) = (y(n) - \hat{b}(n)) - \hat{r}(n) \quad (7)$$

$$= \hat{p}(n) - \hat{r}(n)$$

여기서 $\hat{p}(n)$ 은 부호화 신호 $y(n)$ 으로부터 추정에 의한 블록화 잡음 $\hat{b}(n)$ 이 제거된 신호를 나타낸다.

블록화 잡음이 복잡한 영역보다 단순한 영역에서 더욱 두드러지므로 부호화 신호의 각 블록경계 영역을 단순 영역과 복잡 영역으로 구분하기로 한다. 평탄 영역에 속하는 화소들의 집합을 J_S , 복잡 영역에 속하는 화소들의 집합을 J_C 라 했을 때 블록화

잡음을 웨이브렛 영역에서 다음과 같이 모델링 한다.

$$W^1 b(n) = \sum_{j \in J_S \cup J_C} \beta_j \cdot \delta(n) \quad (8)$$

$$W^2 b(n) = \sum_{j \in J_S} \beta_j \cdot \gamma(n) \quad (9)$$

$$S^2 b(n) = 0 \quad (10)$$

여기서 β_j 는 j 와 $j-1$ 번째 화소간 불연속을 발생시키는 블록화 잡음 성분의 강도이고, $\gamma(n) = 0.125 \delta(n+1) + 0.5 \delta(n) + 0.75 \delta(n-1) + 0.5 \delta(n-2) + 0.125 \delta(n-3)$ 으로서 블록화 잡음 성분의 강도가 1일때 2번째 스케일 상세신호 성분이다. (8)식과 (9)식은 불연속으로 나타나는 블록화 잡음이 1번째 스케일 상세 신호에서는 임펄스로 나타나고 2번째 스케일 상세신호에서 평활화의 영향으로 퍼져 나타남을 의미한다. 이때 블록화 잡음은 1번째 스케일에서는 영역에 관계없이 모두 존재하고, 2번째 스케일에서는 단순 영역에만 존재하는 것으로 간주한다. 이는 스케일이 높아질수록 신호 성분이 잡음 성분보다 더 두드러지고 특히 복잡 영역의 경우 더 그러한 현상을 보이기 때문이다. (10)식은 2번째 스케일 개략 신호에서는 영역에 관계없이 블록화 잡음의 효과를 무시함을 의미한다.

블록화 잡음 $b(n)$ 의 공간영역에서의 표현은 (8)-(10)식의 웨이브렛 영역에서의 표현을 (4)식 및 (5)식의 역웨이브렛 변환을 수행함으로써 다음과 같이 얻게 된다.

$$b(n) = \sum_{j \in J_S} \beta_j v_S(n-j) + \sum_{j \in J_C} \beta_j v_C(n-j) \quad (11)$$

여기서 $v_S(n) = \delta(n) * k(n) + \gamma(n) * k(n/2) * \tilde{h}(n)$, $v_C(n) = \delta(n) * k(n)$ 로서, 이들은 각각 평탄 영역과 복잡 영역에서 블록화 잡음 성분의 강도 β_j 가 1일 때의 블록화 잡음들을 나타낸다. 그림 1(a)는 이들 프로파일들을 나타내고 있다. (11)식은 블록화 잡음 $b(n)$ 이 블록화 잡음 성분의 강도와 블록화 잡음의 프로파일과의 상승적분(convolution)으로 주어짐을 나타낸다.

실제 블록화 잡음의 프로파일은 이미 알고 있는 원영상과 이에 대한 압축 영상들을 가지고 표현할 수 있다. 편의상 블록 경계에서의 블록화 잡음에 대해서만 고려하기로 하고, 나머지 잡음 $r(n)$ 이 $b(n)$ 과 독립적이고 평균이 0이라고 가정하자. 그러면 블록화 잡음의 프로파일 $v_S(n)$ 과 $v_C(n)$ 은 (6)식과 (11)식을 이용하여 $n \in [-B, B-1]$ 에서 다음과 같이 앙상블 평균(ensemble average)으로 추정할 수 있다.

$$\hat{v}_S(n) = E \left[\frac{y(n+iB) - f(n+iB)}{\beta_{iB}} \mid iB \in J_S \right] \quad (12)$$

$$\hat{v}_C(n) = E \left[\frac{y(n+iB) - f(n+iB)}{\beta_{iB}} \mid iB \in J_C \right] \quad (13)$$

그림 1(b)는 표 2의 시험 동영상 800개의 프레임과 그것의 H.263 인트라 모드로 부호화된 프레임들로부터 각각 원신호 $f(n)$ 과 부호화 신호 $y(n)$ 을 얻은 후, (12)식과 (13)식에 근거하여 얻은 영역별 블록화 잡음의 프로파일들을 나타낸다. 이때 각부 화동도에 따른 영역 구분과 β_{iB} 의 계산은 2.3절의 방법을 사용하였다. 그림 1(b)의 실제 블록화 잡음의 프로파일은 그림 1(a)의 모델링에 의해 유도된 프로파일과 유사한 형태를 가짐을 알 수 있다. 이로써 제안된 웨이브렛 변환을 이용한 블록화 잡음 모델링이 매우 적절한 함을 확인할 수 있다.

한편, 나머지 잡음은 블록화 잡음이 제거된 영상과 원 영상과의 차로써 표현할 수 있다. 그림 2는 Suzie 동영상에 대해 H.263 부호화기와 2.3절의 블록화 잡음 제거 방법을 이용하여 얻은 나머지 잡음 $r(n)$ 에 대한 전력 스펙트럼 밀도(PSD)와 확률 밀도 함수(PDF)를 나타낸 것이다. 그림 2(a)는 원 신호의 에지와 QP에 마

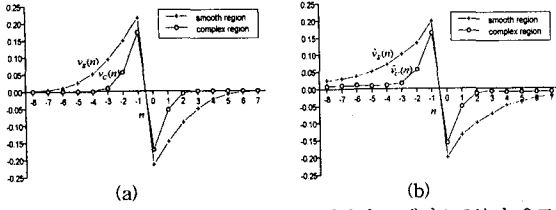


그림 1. 블록화 잡음의 프로파일: (a) 제한된 모델링으로부터 유도된 프로파일, (b) 실제 프로파일

큰 나머지 잡음의 전력 스펙트럼 밀도 특성을 나타내는데, 이 그림으로부터 나머지 잡음이 QP가 낮을수록 그리고 에지가 아닌 화소에 대해서 백색 잡음과 유사해짐을 알 수 있다. 그림 2(b)는 QP=5로 H.263 부호화 했을 때의 에지가 아닌 화소의 나머지 잡음과, 그것과 같은 전력을 가지는 가우시안 잡음의 확률 밀도 함수를 비교한 것이다. 이로부터 나머지 잡음이 가우시안 잡음과 유사한 확률밀도 함수를 가짐을 알 수 있다. 본 논문에서는 편의상 이러한 나머지 잡음을 에지가 아닌 화소에서 백색 가우시안 잡음으로 간주하여 제거하기로 한다.

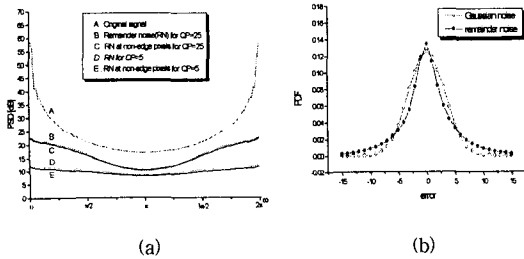


그림 2. 나머지 잡음의 PSD와 PDF 특성: (a) PSD, (b) PDF

2.3 블록화 잡음의 제거

평탄 및 복잡영역의 분류를 위한 신호의 활동도의 척도로서 $W^l y(n)$ 의 블록경계 영역에서 국부 절대합(local absolute sum)을 사용한다. 그림 3은 B=8인 경우의 블록 경계의 위치와 이를 포함한 블록 경계 영역을 나타내는데, i 번째 블록경계 영역을 A_i 라 하면 i 번째 블록경계 영역의 활동도는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$R_i = \sum_{l \in A_i} |W^l y(l)| \quad (14)$$

R_i 의 값이 역치(threshold) T_1 보다 작으면 i 번째 블록경계 영역을 평탄 영역으로, 그렇지 않으면 복잡 영역으로 구분한다. 즉,

$$A_i \subset \begin{cases} J_S, & \text{if } R_i < T_1 \\ J_C, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (15)$$

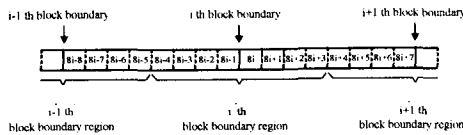


그림 3. B=8인 경우 블록경계 위치와 블록 경계 영역

블록화 잡음 성분의 강도 β_j 는 1번째 스케일 상세신호에서 베

디안 필터를 사용하여 추정할 수 있다. 그러나, 상대적으로 복잡한 영역이나 압축률이 낮은 경우 과도한 추정으로 인해 신호의 에지 등과 같은 중요한 상세 정보를 손상시킬 수 있다. 제안된 방법은 β_j 를 추정하는데 있어 영역의 활동도와 압축률을 고려한 베디안 필터의 신뢰도를 정의하여 이를 베디안 필터와 함께 사용함으로써 신호의 상세 정보를 보호하고자 한다. 이러한 베디안 필터의 신뢰도를 이용하여 β_j 를 추정한다.

$$\hat{\beta}_j = A_j \cdot \left[W^l y(j) - \underset{l \in [-1, 1]}{\text{median}} W^l y(j+l) \right] \quad (16)$$

여기서 $\hat{\beta}_j$ 는 β_j 의 추정치로서, j 번째 화소가 속한 매크로블록이 인트라 모드로 부호화될 경우로 제한된다. 이는 인트라 모드로 부호화할 경우 블록 경계에서만 불연속을 나타내기 때문이다. 그리고 A_j 는 j 번째 화소에서 베디안 필터의 신뢰도로서 압축률을 나타내는 양자화 파라미터와 처리하고자 하는 화소가 속한 블록 경계 영역의 활동도를 사용하여 다음과 같이 정의한다.

$$A_j = \begin{cases} \min\left(\frac{c_1 \times QP_j}{R_i}, 1\right), & \text{if } j \in A_i, j = iB \\ A_{iB}/2, & \text{if } j \in A_i, j \neq iB \end{cases} \quad (17)$$

여기서 QP_j 는 j 번째 화소가 속하는 매크로 블록의 양자화 파라미터이고, c_1 는 양자화기에 의존하는 상수이다. 결국, 블록화 잡음 $b(n)$ 은 (16)식의 $\hat{\beta}_j$ 를 (11)식에 대입함으로써 추정된다. 그리고 블록화 잡음이 제거된 신호 $\hat{p}(n)$ 은 (7)식에 의해서 부호화 신호 $y(n)$ 과 추정된 블록화 잡음 $\hat{b}(n)$ 의 차로써 얻을 수 있다. 이러한 과정을 각 수평·수직방향에 대해 수행하면 블록화 잡음이 제거된 2차원 영상을 얻을 수 있다.

2.4 나머지 잡음의 제거

백색 가우시안 잡음을 제거하는데 있어 웨이브렛 상세신호에 대한 연역치화가 효과적이라는 것은 이미 잘 알려져 있다.[ref] 제안된 방법은 에지가 아닌 화소에서 백색 가우시안 잡음으로 나타나는 나머지 잡음을 웨이브렛 영역에서 연역치화를 수행함으로써 추정한다. 에지 화소에서는 에지 보존을 위해 나머지 잡음을 무시한다. 먼저 에지가 아닌 화소를 찾기 위해 신호의 에지가 웨이브렛 각 스케일 상세 신호에서 국부 최대값들로 나타난다는 사실[5]을 이용하여 1번째와 2번째 스케일간의 값을 사용한다. 이 값은 스케일간 상관도를 의미하며, 역치 T_2 보다 작으면 에지가 아닌 화소로 판단하여 연역치화를 수행함으로써 다음과 같이 웨이브렛 영역에서의 나머지 잡음을 추정한다.

$$W^l \hat{r}(n) = \begin{cases} W^l \hat{p}(n) - T(W^l \hat{p}(n), \lambda), & \text{if } W^l \hat{p}(n) \times W^2 \hat{p}(n) < T_2 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (18)$$

$$S^2 \hat{r}(n) = 0 \quad (19)$$

여기서 $l=1, 2$ 이고, 연역치화 연산자 $T(x, \lambda)$ 는 다음과 같다.

$$T(x, \lambda) = \begin{cases} \text{sgn}(x)(|x| - \lambda), & \text{if } |x| \geq \lambda \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (20)$$

여기서 $\lambda = c_2 \times QP$ 로서 연역치화 연산자의 역치를 나타내는데, 나머지 잡음의 표준 편차와 직접적 관련을 갖는 QP를 사용하였다. 나머지 잡음 $r(n)$ 은 (18)식과 (19)식의 웨이브렛 영역에서 추정된 나머지 잡음에 대하여 역웨이브렛 변환을 수행함으로써 다음과 같이 추정할 수 있다.

$$\hat{r}(n) = W^1 \hat{r}(n) * k(n) + W^2 \hat{r}(n) * k(n/2) * \hat{h}(n) \quad (21)$$

결국, 원 신호 $f(n)$ 은 $\hat{f}(n)$ 과 추정한 나머지 잡음 $\hat{r}(n)$ 과의 차로써 추정할 수 있다. 그리고 이러한 과정을 각 수평 수직방향에 대해 같은 방법으로 수행하면 블록화 잡음과 나머지 잡음이 제거된 2차원 영상을 얻을 수 있다.

III. 실험 결과 및 고찰

본 장에서는 제안한 후처리 방법의 성능을 평가하기 위한 컴퓨터 모의 실험 결과를 보인다. 시험 영상으로는 표 2와 같은 동영상들을 사용하였고, 이들 영상에 대해서 H.263 TMN5 [7]를 적용함으로써 부호화 영상을 얻었다. 이때, 프레임율(frame rate)은 30Hz로 하였고, 율제어(rate control) 없이 고정된 QP를 사용하여 IPPP...P(첫 장은 I 프레임, 나머지는 P 프레임)의 형태로 부호화하였다. 그리고 제안한 후처리 방법을 위하여 $c_1 = 5$, $c_2 = 0.6$, $T_1 = 10$, 그리고 $T_2 = 30$ 으로 하여 사용하였다.

표 1. 컴퓨터 모의 실험을 위한 시험 동영상들

Format	Video sequence
4:2:0	Foreman, Hall monitor, Suzie, Miss America,
QCIF	Grandmother, Coastguard, Glasgow, News

제안한 후처리 방법을 PSNR과 주관적 화질면에서 VM 후처리 필터와 비교함으로써 성능을 평가하였다. 그림4는 8가지 동영상 각각 100프레임에 대해 5~25까지 QP를 사용하여 부호화 한 영상에 대해 제안한 방법에 의해 후처리 했을 때의 평균적인 PSNR 성능 향상을 보여주고 있다. 모든 영상과 압축률에 대해 VM 후처리 필터보다 최대 0.5dB의 PSNR 향상을 보이는데, 특히 QP=5와 같은 낮은 압축률에서 VM 후처리 필터가 과도한 필터링으로 인해 오히려 PSNR면에서 손해를 보는 반면 제안된 방법은 어떤 경우에도 PSNR 향상을 보이고 있다. 그리고 그림 5는 QP=15으로 부호화된 Forman 동영상의 0번째 프레임에 대한 후처리 결과들을 보이고 있다. VM 후처리 필터에 의한 후처리 결과는 불투명부가 뭉뚱화(blurring)가 심하고 코 부분이 블록화 잡음이 여전히 남아 있는 반면, 제안된 방법은 뭉뚱화없이 블록화 잡음뿐만 아니라 링잉 잡음이 거의 제거됨을 알 수 있다.

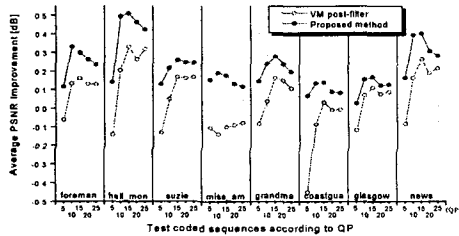


그림 4. 다양한 QP로 H.263 부호화된 동영상의 후처리 결과에 대한 평균적인 PSNR 향상 성능

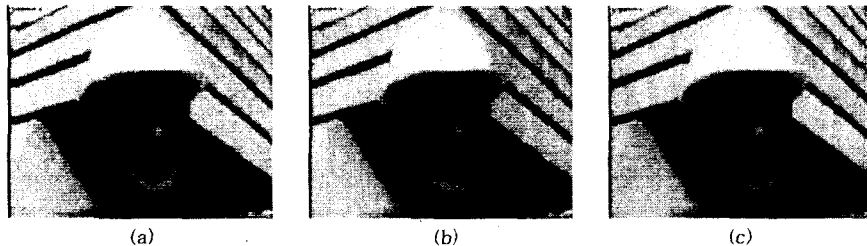


그림 5. Forman 동영상에 대한 후처리 성능 결과: (a) QP=15로 부호화된 영상, (b) VM 후처리 필터로 후처리된 영상, (c) 제안한 방법으로 후처리된 영상

IV. 결론

블록기반 동영상 부호화시 발생하는 양자화 잡음을 제거하기 위해 웨이블릿 변환을 이용한 효과적인 후처리 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 양자화 잡음을 특정 프로파일로 표현되는 블록화 잡음과 랜덤한 나머지 잡음의 합으로 보고 웨이블릿 변환을 이용하여 영상복원 관점에서 각각의 잡음을 제거하고자 하였다. 먼저, 블록화 잡음은 블록화 잡음 성분의 강도와 프로파일로서 모델링하였는데, 양상불 평판을 이용한 실험으로 이러한 모델링이 매우 적절함을 알 수 있었다. 이러한 모델링을 기반으로 블록화 잡음 성분의 강도를 양자화 파라미터와 웨이블릿 영역에서의 극부 에너지를 이용하여 적용적으로 추정함으로써 블록화 잡음을 제거하였다. 그리고 나머지 잡음은 에지가 아닌 화소에서 백색 잡음으로 간주하고 연역치화를 수행함으로써 제거하였다. 실험 결과, PSNR면에서 제안된 방법은 MPEG-4의 VM 후처리 필터보다 최대 0.5dB의 개선을 보였는데 영상과 압축률에 관계없이 모두 향상된 성능을 보였다. 주관적 화질면에서도 제안된 방법이 에지의 뭉뚱화 없이 잡음을 거의 제거됨을 확인할 수 있었다. 또한 제안한 후처리 방법은 웨이블릿 영역에서의 처리와 동가적으로 웨이블릿 분해 및 합성없이 공간영역에서 고속으로 구현이 되어 실시간 응용을 기대할 수 있다.

참고문헌

- [1] MPEG-4 video verification model V.15.0, ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11/ N3093, Maui, Dec. 1999.
- [2] J. G. Apostolopoulos and N. S. Jayant, "Postprocessing for very low bit-rate video compressing," *IEEE Trans. Image Processing*, vol.8, no.8, pp.1125-1134, Aug. 1999.
- [3] H. W. Park and Y. L. Lee, "A postprocessing method for reducing quantization effects in low bit-rate moving picture coding," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 9, pp. 161-171, Feb. 1999.
- [4] N. C. Kim, I. H. Jang, D. H. Kim, and W. H. Hong, "Reduction of blocking artifact in block-coded images using wavelet transform," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 3, pp. 253-257, June 1998.
- [5] S. Mallat and S. Zhong, "Characterization of signals from multiscale edges," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, vol. 14, pp. 710-732, July 1992.
- [6] D. L. Donoho, "De-noising by soft-thresholding," *IEEE Trans. Inform. Theory*, vol. 41, pp.613-627, May 1995.
- [7] ITU-T Study Group 15, Working Party 15/1 Experts Group on Very Low Bitrate Visual Telephony, *Video Codec Test Model TMN5*, Jan. 1995.