

논문 2017-54-1-10

# 시각적 동영상 부호화를 위한 선형 부 대역 분해 기반 전처리 기법

(Linear Sub-band Decomposition based Pre-processing  
Algorithm for Perceptual Video Coding)

최 광 연\*, 송 병 철\*\*

(Kwang Yeon Choi and Byung Cheol Song<sup>©</sup>)

## 요 약

본 논문에서는 선형 부 대역 분해를 이용하여 입력 영상을 분해하고 시각적 민감도가 낮은 고주파 영역만을 효과적으로 억제하여 시각적 동영상 부호화의 효율을 향상시킬 수 있는 전처리 기법을 제안한다. 먼저 소정의 선형 부 대역 분해로 각 입력 영상을 여러 주파수 대역들로 나눈다. 그런 다음 인간의 시각적 구조에서 거의 인지가 되지 않는 고주파 대역들에만 1보다 작은 이득 값들을 적용하여 해당 주파수 대역 정보를 억제시킨다. 이와 같이 고주파가 억제된 영상들을 소정의 비디오 인코더로 압축한다. 모의 실험을 통해 제안 기법의 적용 전후 압축 결과를 비교하여 시각적 차이 없음을 확인하였다. 또한, 제안 기법을 H.264 인코더의 전처리로 적용하였을 때 적용 전 대비 평균 13.12%의 데이터 감소 효과를 얻었다.

## Abstract

This paper proposes a pre-processing algorithm to improve perceptual video coding efficiency which decomposes an input frame via a sub-band decomposition, and suppresses only high frequency band(s) having low visual sensitivity. First, we decompose the input frame into several frequency subbands by a linear sub-band decomposition. Next, high frequency subband(s) which is rarely recognized by human visual system (HVS) is suppressed by applying relatively small gain(s). Finally, the high frequency suppressed frame is compressed by a specific video encoder. We can find from the experimental results that if comparing before-use and after-use of the proposed pre-processing prior to the encoder, no visual difference is shown. Also, the proposed algorithm achieves bit-saving of 13.12% on average in a H.264 video encoder.

**Keywords :** Perceptual video coding, visual sensitivity, CODEC, sub-band decomposition

## I. 서 론

디지털 카메라, 스마트폰, 태블릿 PC, UHD TV 등 디지털 영상 미디어 기기들을 활용하여 고화질의 TV 방송 수신이나 VOD 서비스 같은 서비스에 대한 수요가 증가함에 따라 H.264나 HEVC(High Efficiency Video

Coding) 같은 고성능 동영상 압축 표준 기술이 개발되었다<sup>[1~3]</sup>. 상기 동영상 압축 기술들은 비율-왜곡(Rate-Distortion, 이하 RD) 비용 측면에서 최적화 되도록 설계되었다. 최근 단순히 RD 관점에서 최적화된 동영상 코덱을 넘어 주관적 화질 측면에서 최적화된 영상 압축의 필요성이 대두되고 있다. 예를 들어 시각적인 불필요한 중복을 제거하기 위해 인간 시각 구조(Human Visual System, 이하 HVS)의 특성을 고려한 소위 시각적 동영상 부호화(Perceptual Video Coding, 이하 PVC) 기술이 등장하였다<sup>[4]</sup>.

PVC에서는 시각적 민감도 측정이 중요한데, 시각적으로 두드러지는 영역에 대한 맵을 이용하는 방법과

\* 학생회원, 인하대학교 전자공학과 (Department of Electronic Engineering, Inha University)

\*\* 평생회원, 인하대학교 전자공학과 (Department of Electronic Engineering, Inha University)

© Corresponding Author(E-mail : bcsong@inha.ac.kr)

Received ; May 12, 2016

Revised ; November 17, 2016

Accepted ; December 12, 2016

JND(Just Noticeable Difference) 모델을 이용하는 방법 등이 있다. 시각적으로 두드러지는 영역에 대한 맵에 기반한 방법으로는 시각적 민감도가 높은 부분으로 판단되는 영역에 대해 더 많은 양의 데이터를 할당한다<sup>[5~6]</sup>. 다음으로 JND 모델링 방법으로는 부호화 구조 내부에서 모델링을 통해 시각적 민감도가 낮은 요소들을 제거 하여 동영상 압축이 이루어진다<sup>[7~8]</sup>. 마지막으로 시청 환경에 대한 정보들을 이용한 방법으로는 시청자의 시청 조건에 따라 코덱 표준 적용 전에 부호화 구조 외부에서의 전처리로 시각적 민감도가 낮은 요소들을 제거 후 동영상 압축을 적용한다<sup>[9]</sup>. 하지만 위의 기법들은 시각적 민감도가 낮은 부분으로 판단되는 영역에서 화질의 열화가 발생하고, 부호화 구조 내부에서의 처리를 위해 코덱 표준 변경으로 복잡도가 증가한다. 또한 전처리로 적용할 경우에도 시청 조건을 알아야 한다.

본 논문에서는 특정 영역에서의 화질의 열화를 막고 코덱 표준 변경과 시청 조건의 정보 없이 전처리로서 시각적 민감도가 낮은 요소 중 고주파 영역을 억제한다. 이를 위해 영상 신호를 주파수가 다른 복수의 대역 신호로 분할하여 대역 신호 각각의 특성에 따라서 부호화 하는 방식인 부 대역 부호화 기반의 선형 부 대역 분해(Linear Sub-band Decomposition, 이하 LSD) 기법을 이용한다. 부 대역 분해(Sub-band Decomposition, 이하 SD) 적용을 통해 나누어진 주파수 대역들 중에서 고주파에 해당하는 주파수 대역에 한해서 이득 값을 조절함으로써 고주파 영역을 억제한다. 이득 값 조절 이후 나누어진 주파수 대역들을 다시 합성하여 영상을 생성한 뒤 일반적인 인코더의 입력으로 사용한다. 제안 기법은 영상 전체적으로 고주파 영역만을 억제하기 때문에 특정 영역만 블러 된다가나 열화가 발생하지 않으며 연산도 복잡하지 않다. 모의 실험을 통해 동일 양자화 파라미터(Quantization Parameter, 이하 QP) 적용 시 일반적인 코덱 적용 결과와 비교하여 시각적 차이 없이 데이터 감소 효과를 확인한다.

본 논문의 II절에서는 PVC 기법의 선행 연구들에 대하여 기술하고 III절에서는 제안 기법의 자세한 설명을 한다. IV절에서는 제안기법의 주관적 화질 평가 결과를 보인다. 마지막 V절에서는 결론을 맺는다.

## II. 선행 연구

HVS의 특징을 고려한 시각적 인지도 관점의 동영상 부호화 효율을 향상시키기 위한 PVC 기법들이 연구 되

고 있다<sup>[5~10]</sup>. PVC 기법들은 크게 그림 1에서 볼 수 있듯이 부호화 구조 내부에서의 처리 방법과 외부에서의 전처리 방법으로 나누어진다. 부호화 구조 내부에서의 처리 방법은 코덱 표준의 인코더와 디코더를 수정하거나 인코더만 수정하여 주관적 화질 측면의 부호화 효율을 향상시킨다<sup>[5~8]</sup>. 부호화 구조 내부에서의 처리 방법 중 인코더와 디코더를 수정하는 방법은 양자화 과정과 역양자화 과정에 적용되는 HVS 기반의 양자화 매트릭스를 제안한다<sup>[8]</sup>. 인코더를 수정하는 방법은 변환 과정 전에 화소 영역에서 불필요한 정보를 제거 하거나 QP 값 조절을 통해 변환 계수 값을 억제, 또는 양자화된 변환 계수 정도를 억제한다<sup>[5~7]</sup>. 전처리 방법은 주로 적용적 저주파 통과 필터(Low Pass Filter, 이하 LPF)를 적용하거나 foveation 모델을 통한 foveation 필터링을 적용한다<sup>[9~10]</sup>.

인코더와 디코더 모두를 수정하는 방법으로 Naccari 등은<sup>[8]</sup> 양자화 매트릭스를 조정하여 데이터 량을 줄이는 JND 기반 PVC 과정을 제안하였다. 주로 JND 모델링은 화소 영역에서 입력 동영상 시퀀스에 대한 공간 주파수, 시간 주파수, 움직임 벡터, 예지 화소 밀도, 평균 화소 밀도 등의 요소들을 결합하여 이산 코사인 변환 영역에서 수행된다<sup>[11]</sup>. 따라서 부호화 내부에서 처리하는 것이 효율적이다.

인코더를 수정하는 방법으로 Z.Li 등은<sup>[6]</sup> 밝기, 색, 움직임 등을 이용하여 시각적으로 두드러진 영역에 대한 맵을 도출하여 민감도가 떨어지는 영역에 대한 데이터 량을 민감도가 높은 영역에 할당하는 것을 제안하였다. 이를 통해 동일 데이터 량에서 두드러지는 영역에 대하여 개선된 화질의 코덱 적용 결과를 얻을 수 있다. 하지만 시각적으로 두드러진 영역에 대한 맵을 도출하여 민감도가 떨어지는 영역에 대하여 데이터 량이 줄어들면 해당 영역에 대한 화질의 열화가 발생한다.

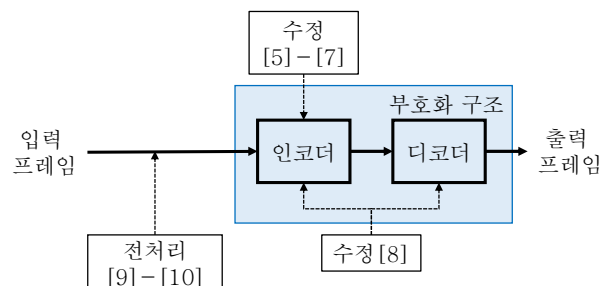


그림 1. 시각적 동영상 부호화 동작  
Fig. 1. Perceptual video coding works.

전처리 방법으로 R.Vanam등은<sup>[9]</sup> 지역적 대비를 추정하여 적응적인 지역 LPF를 적용하는 방법을 제안하였다. 시청거리, 모니터의 화소 밀도, 대비 비율 등의 사용자의 시청 조건 정보를 이용하여 대비 민감도 함수를 도출한다. 이를 통해 시각적 차이 없이 고주파 영역 제거를 위한 절단 주파수 추정을 통해 적응적 LPF를 적용한다. 그러나 이러한 방법은 민감도가 낮은 특정 영역에 대해 블러가 발생하여 시각적 차이를 인지하게 된다.

### III. 제안 기법

본 논문은 고주파 영역을 조절하기 위해 영상 신호를 주파수 대역별로 나누어 처리하는 LSD 기반의 전처리 과정을 적용한다. 우선 입력 시퀀스에 대하여 LSD 과정에 의해 나누어지는 주파수 대역들 중, 고주파 대역에 한해 적절한 이득 값을 설정한다. 이득 값 설정으로 고주파 대역이 억제된 동영상 시퀀스는 일반적인 인코더와 디코더에 적용한다. 이를 위해 고주파 영역 억제로 인한 차이를 시각적으로 인지할 정도의 적절한 주파수 대역과 이득 값 설정이 필요하다. 제안 기법은 그림 2에서와 같이 LSD 기반 전처리 과정을 SD와 이득 조절, 그리고 이득 모델 설정과정으로 나누어서 적용한다.

이를 통해 코덱 표준의 변경 없이 부호화 구조 외부에서의 전처리로 특정 코덱 표준에 상관없이 적용이 가능하다. 또한 특정 영역의 블러나 열화 없이 영상 전체적으로 시각적 민감도가 낮은 고주파 영역을 억제하여 인코딩 적용 시 시각적 차이 없이 데이터 량이 감소하게 된다.

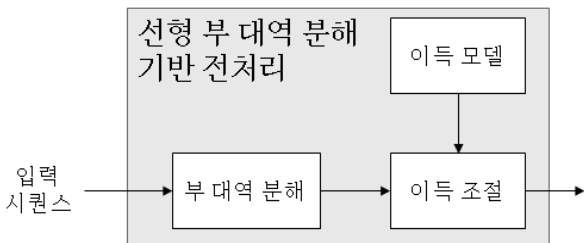


그림 2. LSD 기반 전처리의 세부 처리  
Fig. 2. Detail processing of LSD based pre-processing.

#### 3.1. 부 대역 분해

일반적인 주파수 대역의 출력을 얻기 위해 SD 기반의 레티넥스 기법인 부 대역 분해 다중 대역 레티넥스 (Sub-band Decomposed MultiScale Retinex, 이하

SD-MSR) 기법에서의 SD 방법을 그림 3과 같이 적용한다<sup>[12]</sup>.

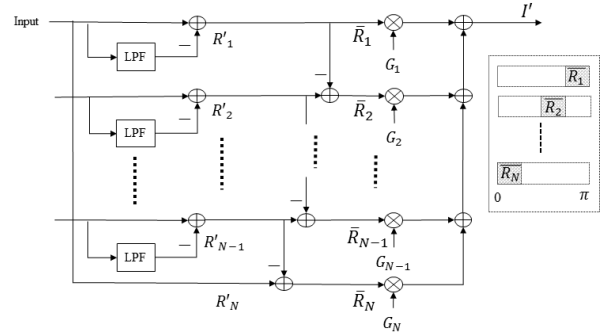


그림 3. 선형 부 대역 분해의 블록도  
Fig. 3. Block diagram of linear sub-band decomposition.

제안 기법은 기존 SD-MSR 기법에서의 LPF 이후 mlog 함수는 적용하지 않는다. mlog 함수는 영상의 대비를 조절하여 밝기 값을 변화게 하는데 제안 기법의 목적은 영상의 고주파 영역만 조절하는 것이기 때문이다. 먼저 n번째 스케일의 주파수 대역 출력은 식 (1)과 같다.

$$\begin{cases} R'_n(x,y) = I(x,y) - F_n(x,y) * I(x,y), & 1 \leq n \leq N-1 \\ R'_n(x,y) = I(x,y), & n = N \end{cases} \quad (1)$$

$R'_n(x,y)$ 는 n 번째 스케일의 주파수 대역 출력, N은 스케일 수,  $I(x,y)$ 는 입력 영상, \*는 컨볼루션 연산,  $F_n(x,y)$ 은 식 (2)와 같은 LPF를 나타낸다.

$$F_n(x,y) = K_n \cdot e^{-(x^2+y^2)/\sigma_n^2} \quad (2)$$

$\sigma_n$ 은 가우시안 분포의 표준 편차이고  $K_n$ 은 식 (3)을 만족하기 위한 값이다.

$$\iint F_n(x,y) dx dy = 1 \quad (3)$$

$\sigma_n$  값에 따라서 LPF가 달라지기 때문에 조절하는 주파수 대역이 달라지게 된다.  $\sigma_n$  값은 식 (4)와 같은 조건을 만족한다. 컨볼루션을 위한 필터 크기와  $\sigma_n$ 의 관계는 식 (5)와 같이 설정한다.

$$\sigma_{n+1} > \sigma_n, n = 1, 2, \dots, N-1 \quad (4)$$

$$size_{filter} = \lceil \sqrt{\sigma_n^2 \cdot \ln(10)} \rceil \quad (5)$$

하지만  $R'_1$  부터  $R'_n$  까지의 주파수 대역의 일부는 서로 겹치게 된다. 따라서 입력 영상의 주파수 대역 별 특

정에 따른 효율적인 이득 값 조절이 어렵다. 따라서 식 (1)에 따른 주파수 대역에 대하여 겹치지 않는 주파수 대역을 갖도록 각 부 대역에 대해 분해를 식 (6)과 같이 적용한다.

$$\begin{cases} \bar{R}_n = R'_n, & n = 1 \\ \bar{R}_n = R'_n - R'_{n-1}, & 2 \leq n \leq N \end{cases} \quad (6)$$

SD 출력들이 분해 과정을 통해 겹치지 않는 주파수 대역들을 가지게 되어 입력 영상의 주파수 대역 별 특징에 따라 더욱 효과적으로 이득 값을 적용할 수 있다.

### 3.2. 이득 조절

각각의 주파수 대역을 나타내는 SD 출력에 대하여 해당 이득 값을 곱한 후 합성하여 LSD 결과를 얻는다. 최종적인 LSD 적용 결과는 식 (7)로 표현된다.

$$I' = \sum_{n=1}^N \bar{R}_n \cdot G_n \quad (7)$$

$I'$ 는 결과 영상,  $G_n$ 은 이득을 나타낸다. 식 (7)에서  $G_n$  값을 조절하여 나누어진 주파수 대역들을 강조하거나 줄일 수 있다. 시각적 차이 없이 데이터량을 줄이기 위해 이득 값을 1보다 작은 값으로 설정하여 억제 강도를 강하게 하고 저주파 대역은 1로 설정하여 화질의 열화를 막는다. 최종적인 이득 값 조절은 식 (8)과 같이 적용된다.

$$I' = \sum_{n=1}^M \bar{R}_n \cdot G_n + \sum_{n=M+1}^N \bar{R}_n \quad (8)$$

M번째 대역 이상의 저주파에 해당하는 주파수 대역에 대해서는 이득 값을 1로 하여 그대로 유지하고 M번째 대역 이하의 고주파에 해당하는 주파수 대역에 대해서 1보다 작은 이득 값을 적용하여 고주파 영역을 억제한다. 이득 값이 1로 설정된 M+1 이상의 저주파 대역에 대해서는 분해 연산을 여러 번 하지 않고 한번의 연산 이후 더해주어도 같은 결과를 얻는다. 따라서 식 (8)은 식 (9)와 같이 다시 나타낼 수 있다.

$$I' = \sum_{n=1}^M \bar{R}_n \cdot G_n + \bar{R}_{M+1} \quad (9)$$

$\bar{R}_{M+1}$ 은 저주파 대역의 기반 대역이다.

### 3.3. 이득 모델

기존 SD-MSR 기반의 기법은 고주파 대역을 강조하여 영상의 선명도를 개선하기 위한 목적으로 이득 값이 1보다 큰 값을 갖는 형태로 되어있다. 그러나 PVC 적용을 위해 이러한 기존 기법의 이득 값 설정 방법을 적용할 경우 선명도의 개선과 함께 동영상 코덱 적용 후 데이터량이 증가하게 된다. PVC 적용의 목적은 시각적 차이 없이 데이터량을 줄이는 것이기 때문에 기존의 이득 값 설정 방법은 적절하지 않다. PVC 적용을 위해 나누어진 각각의 주파수 대역에 해당하는 이득 값은 식 (10)과 같이 설정한다.

$$G_n(x, y) = \exp(-1 \times (\frac{NR_n(x, y)}{\lambda})^{\bar{\sigma}_n}) \quad (10)$$

$NR_n$ 은  $\bar{R}_n$ 을 정규화 한 값,  $\bar{\sigma}_n$ 은  $\sigma_n$ 을 정규화 한 값,  $\lambda$ 는 이득 값의 최소값 설정을 위한 상수이다.  $NR_n$ 과  $\bar{\sigma}_n$ 은 아래 식 (11), (12)와 같이 나타낸다.

$$NR_n(x, y) = \frac{|\bar{R}_n|}{\max(|\bar{R}_n|)} \quad (11)$$

$$\bar{\sigma}_n = \frac{\sigma_n}{\max(\sigma_n)} \quad (12)$$

그림 4는 특정 주파수 대역에 적용되는 이득 값의 특성을 나타낸다. 전체적으로 1보다 작고, 고주파 대역을 나타내는 작은 n 값에 해당하는 이득 값이 저주파 대역을 나타내는 큰 n 값에 해당하는 이득 값보다 작은 것을 확인 할 수 있다. 또한 주파수 대역에서도 고주파 영역을 의미하는 1에 가까운  $NR_n$  값이 작은 이득 값을 가지는 특성이 있다. 이러한 특성으로 평탄한 영역보다 고주파 영역에 더 작은 이득 값이 설정되어 더욱 효과적으로 고주파 영역을 억제할 수 있다. 따라서  $\sigma_n$ 과  $\lambda$  값 설정을 통해 각 주파수 대역의 특성에 맞도록 자동으로 적절한 이득 값 설정이 이루어진다.

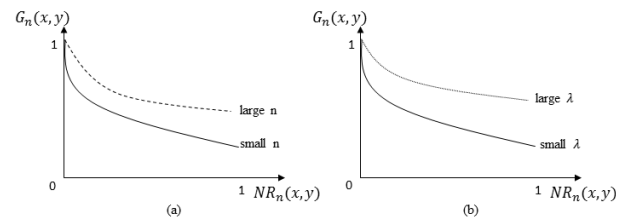


그림 4. (a) 부 대역에 대한 이득 값 특성 (b)  $\lambda$ 에 대한 이득 값 특성

Fig. 4. (a) Gain characteristic about sub-band (b) Gain characteristic about  $\lambda$ .

결국 화질의 열화가 발생하지 않는 주파수 대역에 한하여 나누어진 주파수 대역들에 해당하는 이득 값 설정을 통해 시각적 민감도가 낮은 고주파 영역을 억제한다. 이와 같이 이득 값을 모델링 한 후 식 (9)에 적용하여 시각적 차이 없이 고주파 대역이 억제된 영상을 얻는다. 각각의 주파수 대역을 나타내는 SD 출력에 대하여 해당 이득 값을 곱한 후 합성하여 LSD 결과를 얻는다. 최종적인 LSD 적용 결과는 식 (7)로 표현된다.

### IV. 실험 결과

실험을 위해 MPEG 영상 중 FHD(Full HD) 해상도의 Cactus, Toys and calendar, Traffic, Flag shoot, Park Scene, BQ terrace 와 HD 해상도의 Big Ship, City, Night, Stockholm 영상에서 30 프레임만을 사용하였다. 그리고 FHD 해상도의 촬영 영상으로 15 프레임의 City\_inha, Leaf\_inha, Night\_inha1, Night\_inha2 영상을 사용하였다. 촬영 영상은 삼성 카메라 NX1의 연사기능(15Hz)을 이용하여 원본 데이터를 획득하였다. 실험에 사용한 4가지의 촬영 영상들은 그림 5에서 볼 수 있다.

실험에 사용한 동영상 코덱 표준 참고 코드로서 H.264는 JM\_9.0<sup>[13]</sup>을 사용하였고 HEVC는 기정 저지연(Low Delay, 이하 LD)과 임의 접근(Random Access, 이하, RA) 구성을 사용하였다. 인코더 주요 설정 값은 표 1과 같이 설정하였다. LSD 설정에 대해 SD 과정에서는  $M = 2$ ,  $\sigma_1 = 1.5$ ,  $\sigma_2 = 3$ 으로 설정하고 이득 모델에 대해서는  $\lambda = 3$ 으로 설정하였다. LSD 설정 과정 이후, 정성적인 평가와 정량적인 평가를 통해 제안 기

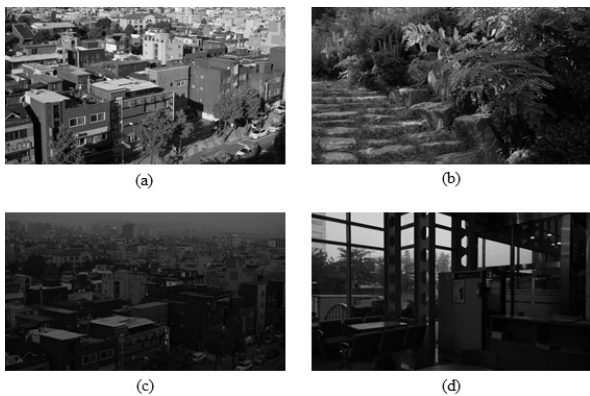


그림 5. (a) City\_inha 시퀀스 (b) Leaf\_inha 시퀀스 (c) night\_inha1 시퀀스 (d) Night\_inha2 시퀀스  
 Fig. 5. (a) City\_inha sequence (b) Leaf\_inha sequence (c) night\_inha1 sequence (d) Night\_inha2 sequence

법을 동영상 코덱 적용 전 전처리로 적용한 결과의 PVC 효과를 확인하였다.

#### 4.1. 주관적 평가

제안 기법의 주관적 관점의 동영상 압축 효율을 확인하기 위해 주관적 시각 테스트 중 하나인 ACJ (Adjectival Categorical Judgment) 기반의 테스트를 진행하였다<sup>[15]</sup>.

표 1. 인코더 설정

Table1. Encoder setting.

	H.264	HEVC (LD)	HEVC (RA)
부호화 구조	IPPP	GPB 구조	Clean RA
I 프레임 주기	1번째 만	1번째 만	8
QP	24, 28, 32, 36	24, 28, 32, 36	24, 28, 32, 36
움직임 추정 과정	EPZS	TZ search	TZ search
탐색 범위	32	64	64
참조 프레임 수	2	4	3, 4
비율 조절	미적용	미적용	미적용
엔트로피 부호화	CABAC	CABAC	CABAC
RD 최적화	미적용	기정 값	기정 값

표 2. 시청 환경

Table2. Viewing environment.

디스플레이	삼성 UN46F8000AF
형태, 크기	LED, 46인치
해상도	FHD
실험 참가자 수	10
시청 거리	2H

ACJ 방법은 실험 참가자들에게 참조 영상과 실험 영상을 동시에 보여주며 두 영상의 화질을 주관적으로 평가하는 방법이다. 전처리 미적용 영상과 적용 후 영상

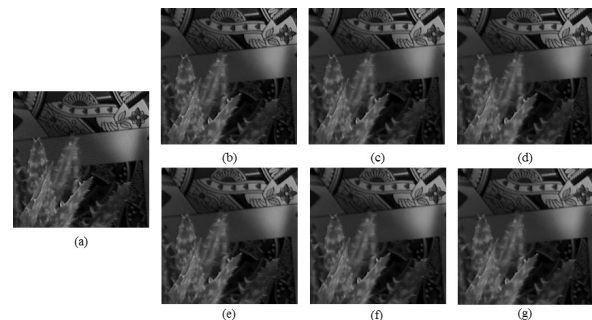


그림 6. (a) Cactus 원본 영상의 10th 프레임 (b) 일반적인 H.264 (c) 일반적인 HEVC(LD) (d) 일반적인 HEVC(RA) (e) 제안 기법 적용 후 H.264 (f) 제안 기법 적용 후 HEVC(LD) (g) 제안 기법 적용 후 HEVC(RA)

Fig. 6. (a) Original 10th frame of Cactus sequence (b) conventional H.264 (c) conventional HEVC(LD) (d) conventional HEVC(RA) (e) H.264 after proposed algorithm (f) HEVC(LD) after proposed algorithm (g) HEVC(RA) after proposed algorithm.

을 동일 QP 값에서 코덱을 적용한 결과를 비교하여 두 영상의 차이가 느껴지는지를 확인하였다. 시청 환경은 표 2와 같이 설정하였다.

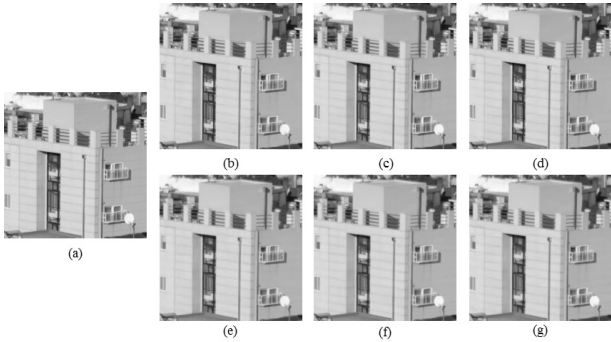


그림 7. (a) City\_inha 원본 영상의 10th 프레임 (b) 일반적인 H.264 (c) 일반적인 HEVC(LD) (d) 일반적인 HEVC(RA) (e) 제안 기법 적용 후 H.264 (f) 제안 기법 적용 후 HEVC(LD) (g) 제안 기법 적용 후 HEVC(RA)

Fig. 7. (a) Original 10th frame of City\_inha sequence (b) conventional H.264 (c) conventional HEVC(LD) (d) conventional HEVC(RA) (e) H.264 after proposed algorithm (f) HEVC(LD) after proposed algorithm (g) HEVC(RA) after proposed algorithm.

QP 값이 24일 경우 시각적 차이 유무는 그림 6, 7에서 확인 할 수 있다. 정지 영상일 경우 제안 기법을 적용한 결과에서 고주파 영역 억제로 인한 예지나 텍스처 영역에서 차이가 발생한다. 하지만 표 2와 같은 시청 환경에서 동영상으로 확인 할 경우 정지 영상에서 인지되었던 시각적 차이는 제거된다.

#### 4.2. 객관적 평가

정량적인 화질 비교를 위해 객관적 왜곡 측정으로 MS-SSIM(Multiple Scale-Structural Similarity)를 사용하였다[16]. 전처리 없이 일반적인 코덱 적용 결과와 전처리로 제안 기법 이후에 코덱 적용 결과에 대하여 4가지 QP값에 대한 평균값으로 MS-SSIM와 데이터 량을 표 3, 4, 5와 같이 비교하였다. MS-SSIM은 모든 프레임들의 평균값이고 데이터 변화량은 식 (13)과 같이 계산한다.

$$\Delta \text{Bitrate} = \frac{\text{Bitrate}_{con} - \text{Bitrate}_{pro}}{\text{Bitrate}_{pro}} \times 100 \quad (13)$$

$\Delta \text{Bitrate}$ 는 데이터 변화량,  $\text{Bitrate}_{pro}$ 는 전처리 적용된 영상에 대하여 인코딩 후 데이터 량,  $\text{Bitrate}_{con}$ 은 전처리 없이 일반적인 인코더 적용 후 데이터 량을

의미한다.

표 3, 4, 5에서 일반적인 코덱 결과와 제안 기법의 MS-SSIM 평균 값을 비교하면 H.264의 경우 0.0018, HEVC(LD)의 경우 0.0017, HEVC(RA)의 경우 0.0016 차이가 있다. 데이터 감소량을 비교하면 일반적인 코덱 결과와 제안 기법의 평균 데이터 감소량은 H.264의 경우 13.23%, HEVC(LD)의 경우 12.04%, HEVC(RA)의

표 3. 성능 비교(H.264)

Table3. Performance comparison.

Test sequence	MS-SSIM		$\Delta$ Bitrate(%)
	Con	Pro	
Cactus	0.9795	0.9779	12.34
Toys & calendar	0.9796	0.9788	9.30
Traffic	0.9840	0.9822	10.81
Flag shoot	0.9840	0.9840	2.08
Park Scene	0.9755	0.9738	8.79
BQ terrace	0.9823	0.9796	25.60
Big ship	0.9737	0.9704	18.50
City	0.9819	0.9778	22.05
Night	0.9859	0.9842	14.59
Stockholm	0.9771	0.9749	19.20
City_inha	0.9862	0.9833	19.39
Leaf_inha	0.9802	0.9783	10.74
Night_inha1	0.9684	0.9678	4.74
Night_inha2	0.9744	0.9740	7.05
Average	0.9795	0.9776	13.23

표 4. 성능 비교(LD)

Table4. Performance comparison.

Test sequence	MS-SSIM		$\Delta$ Bitrate(%)
	Con	Pro	
Cactus	0.9752	0.9738	10.24
Toys & calendar	0.9776	0.9770	7.72
Traffic	0.9829	0.9812	10.04
Flag shoot	0.9829	0.9828	1.24
Park Scene	0.9709	0.9692	8.89
BQ terrace	0.9825	0.9804	25.05
Big ship	0.9715	0.9686	17.41
City	0.9785	0.9758	12.78
Night	0.9807	0.9789	13.06
Stockholm	0.9742	0.9723	18.06
City_inha	0.9857	0.9830	15.87
Leaf_inha	0.9787	0.9770	10.44
Night_inha1	0.9641	0.9636	4.26
Night_inha2	0.9713	0.9709	6.33
Average	0.9769	0.9752	12.04

경우 9.39%이다. 이는 제안 기법을 코덱 전처리로 적용하면 비슷한 화질에서 데이터 감소 효과가 있음을 의미한다.

표 5. 성능 비교(RA)

Table5. Performance comparison.

Test sequence	MS-SSIM		$\Delta$ Bitrate(%)
	Con	Pro	
Cactus	0.9781	0.9768	9.12
Toys & calendar	0.9803	0.9796	6.35
Traffic	0.9867	0.9851	8.35
Flag shoot	0.9844	0.9843	1.23
Park Scene	0.9762	0.9745	8.49
BQ terrace	0.9842	0.9824	16.91
Big ship	0.9785	0.9758	12.78
City	0.9829	0.9791	13.25
Night	0.9825	0.9808	9.93
Stockholm	0.9778	0.9761	12.15
City_inha	0.9881	0.9855	12.51
Leaf_inha	0.9828	0.9810	8.89
Night_inha1	0.9645	0.9640	4.72
Night_inha2	0.9712	0.9709	6.75
Average	0.9799	0.9783	9.39

## V. 결 론

본 논문은 HVS의 인지 특성 중 시각적 민감도가 낮은 고주파 영역 억제를 위한 LSD 기반의 코덱 전처리로 적용되는 PVC 기법을 제안한다. 제안 기법은 우선 입력 프레임들에 대해 적절한 고주파 대역으로 분리한다. 그리고 고주파 대역에 한해 적절한 이득 값 설정을 통해 고주파 영역을 억제한다. 제안 기법을 코덱 전처리로 적용한 결과를 일반적인 코덱 적용 결과와 비교하여 시각적 차이 없이 H.264의 경우 평균 13.23%, HEVC(LD)의 경우 평균 12.04%, HEVC(RA)의 경우 9.39%의 데이터 감소 효과를 얻는다. 기존 PVC 기법들과 비교하여 코덱 전처리로 적용되기 때문에 코덱 표준의 변화가 없고 과정 적용을 위한 실시간의 시청 조건이 필요하지 않다. 또한 시각적 민감도가 낮은 배경과 같은 특정 영역에 대해 시각적 차이가 발생하지 않는다.

## 감사의 글

이 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2016R1A2B4007353)

## REFERENCES

- [1] T. Wiegand, G. J. Sullivan, G. Bjntegaard, A. Luthra, "Overview of the H.264/AVC Video Coding Standard," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 13, no. 7, pp. 560-576. July 2003.
- [2] G. J. Sullivan, J.-R. Ohm, W.-J. Han, T. Wiegand, "Overview of the high efficiency video coding (HEVC) standard," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 22, no. 12, pp. 1649-1668, Dec. 2012.
- [3] J.-R. Ohm, G. J. Sullivan, H. Schwarz, T. K. Tan, T. Wiegand, "Comparison of the coding efficiency of video coding standards - including high efficiency video coding (HEVC)," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 22, no. 12, pp. 1669-1684, Dec. 2012.
- [4] H. R. Wu and K. R. Rao, Digital video image quality and perceptual coding, Boca Raton, FL: CRC Press, Nov. 2005.
- [5] C.-W. Tang, C.-H. Chen, Y.-H. Yu, and C.-J. Tsai, "Visual sensitivity guided bit allocation for video coding," IEEE Trans. Multimedia, vol. 8, no. 1, pp. 11-18, Feb. 2006.
- [6] Z. Li, S. Qin, and L. Itti, "Visual attention guided bit allocation in video compression," Image Vis. Comput., vol. 29, no. 1, pp. 1-14, Jan. 2011.
- [7] J. Kim, S. H. Bae, and M. C. Kim, "An HEVC-compliant perceptual video coding scheme based on JND models for variable block-sized transform kernels" IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 25, no. 11, pp. 1786-1800, Nov. 2015.
- [8] M. Naccari and F. Pereira, "Advanced H.264/AVC-based perceptual video coding: architecture, tools, and assessment," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 21, no. 6, pp. 766-782, Jun. 2011.
- [9] R. Vanam, L. J. Kerofsky, and Y. A. Reznik, "Perceptual pre-processing filter for adaptive video on demand content delivery," Proc. IEEE Int. Conf. on Image Processing, pp. 2537-2541, Paris, France, Oct. 2014.
- [10] H. Oh and W. Kim, "Video processing for human perceptual visual quality-oriented video coding," IEEE Trans. Image Process., vol. 22, no. 4, pp. 1526-1535, Apr. 2013.
- [11] Z. Wei and K. N. Ngan, "Spatio-temporal just noticeable distortion profile for gray scale image/video in DCT domain," IEEE Trans.

- Circuits Syst. Video Technol., vol. 19, no. 3, pp. 337-346, Mar. 2009.
- [12] J. H. Jang, B. Choi, S. D. Kim, and J. B. Ra, "Sub-band decomposed multiscale retinex with space varying gain," Proc. IEEE Int. Conf. on Image Processing, pp. 3168 - 3171, San Diego, USA, Oct. 2008.
- [13] Joint Video Team of ITU-T VCEG and ISO/IEC MPEG, Joint Model Reference Software, version 9.0.
- [14] HM Reference Software 16.7. [Online]. Available: <https://hevc.hhi.fraunhofer.de/trac/hevc/browser/tags/HM-16.7>, accessed Feb. 11, 2016.
- [15] ITU, "Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures," Geneva, Switzerland, ITU-R BT.500-11, 2002.
- [16] Z. Wang, E. P. Simoncelli and A. C. Bovik, "Multi-scale structural similarity for image quality assessment," Proc. IEEE Asilomar Conf. Signals, Systems, Comput., vol. 2, pp. 1398-1402, California, USA, Nov. 2003.

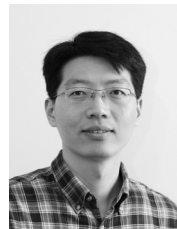
---

— 저 자 소 개 —

---



최 광 연(학생회원)  
2015년 인하대학교 전자공학과 학사 졸업.  
2015년~현재 인하대학교 전자공학과 석사 과정.  
<주관심분야: 영상 신호처리>



송 병 철(평생회원)  
1994년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(학사).  
1996년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(석사).  
2001년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학박사).  
2001~2008년 삼성전자 디지털미디어연구소 책임연구원  
2008~현재 인하대학교 전자공학과 교수  
<주관심분야: 영상 신호처리, 컴퓨터 비전>