

논문 2015-52-5-15

JND 모델을 사용한 코딩 유닛 레벨 멀티-루프 인코딩 기반의 비디오 압축 방법

(Coding Unit-level Multi-loop Encoding Method based on JND for Perceptual Coding)

임 응*, 심 동 규**

(Woong Lim and Donggyu Sim[©])

요 약

본 논문에서는 주변의 밝기에 대한 HVS의 민감도를 모델링한 JND (Just Noticeable Difference)를 비디오 코딩에 적용함으로써, JND 모델에 따른 임계치를 기준으로 현재 코딩 유닛에 적용 가능한 최대 양자화 파라미터를 결정하여 유사한 주관적 화질에서 비트율을 절감시키는 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 입력된 현재 코딩 유닛에 대하여 기준이 되는 양자화 파라미터가 적용된 복원 신호 대비 더 높은 양자화 파라미터를 적용한 복원 신호가 JND 관점에서 유사하게 인지되는 경우에 더 높은 양자화 파라미터를 선택함으로써 비트율을 절감시킨다. 제안하는 알고리즘의 성능 검증을 위하여 최신 비디오 압축 표준인 HEVC (High Efficiency Video Coding)의 참조 소프트웨어인 HM16.0에 본 알고리즘을 적용하였으며, HM16.0을 통해 압축된 영상 대비 유사한 화질에서 최대 20.21%, 평균적으로 약 6.18%의 비트율 절감을 달성하였다.

Abstract

In this paper, we employed a model which defines the sensitivity according to the background luminance, so called JND (Just Noticeable Difference), and applied to the video coding. The proposed method finds out the maximum possible quantization parameter for the current unit based on the threshold of JND model and reduce the bitrate with similar perceptual quality. It selects the higher quantization parameter and reduce the bitrate when the reconstructed signal which is coded with higher quantization parameter is in a range of allowance based on the JND threshold, i.e. the signal has the similar perceptual quality compared to that is coded with the initial quantization parameter. The proposed algorithm was implemented on HM16.0, which is a reference software of the latest video coding standard HEVC (High Efficiency Video Coding) and the coding performance was evaluated. Compared to HM16.0, the proposed algorithm achieved maximum 20.21% and 6.18% of average bitrate reduction with the similar perceptual quality.

Keywords : HEVC, perceptual coding, JND, multi-loop encoding

* 학생회원, ** 정회원, 광운대학교 컴퓨터공학과

(Department of Computer Engineering, Kwangwoon University)

© Corresponding Author(E-mail: dgsim@kw.ac.kr)

※ 이 논문은 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(NRF-2014R1A2A1A11052210)과 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 연구성과실용화진흥원의 지원을 받아 수행된 기초연구성과활용지원사업임(연구성과사업화지원사업)

Received ; March 31, 2015 Revised ; April 14, 2015 Accepted ; April 22, 2015

I. 서 론

최근, 전 세계적으로 fullHD 해상도를 넘는 4K 및 8K 해상도를 갖는 초고화질 디스플레이 장치에 대한 수요가 지속적으로 증가함에 따라, 방대한 데이터량의 멀티미디어 콘텐츠의 압축기술이 더불어 발전하고 있다. 이러한 시장의 요구에 따라서, ISO/IEC의 MPEG (Moving Picture Experts Group)과 ITU-T의 VCEG (Video Coding Experts Group)은 JCT-VC (Joint Collaborative Team on Video Coding)를 구성하여 차세대 비디오 압축 표준인 HEVC (High Efficiency Video Coding)에 대하여 2013년 1월에 FDIS (Final Draft International Standard) 승인을 받았다.^[1] HEVC는 기존의 비디오 압축 표준인 H.264/AVC 대비 약 50%의 압축 효율을 달성함으로써, 다양한 멀티미디어 분야에 응용되고 있으며, 지속적으로 방송, 통신과 관련된 멀티미디어 분야에 사용될 것으로 전망된다.^[2~3]

비디오 압축 기술 분야에서는 압축 효율을 최대화하기 위하여 상호 이율배반적인 비트량과 화질을 동시에 고려한다. 즉, 입력 영상에 대하여 주어진 압축 모드 중 비트열로 표현되는 정보량을 최소화함과 동시에 화질 열화를 최소화하는 압축 모드를 결정함으로써 최대 압축효율을 달성할 수 있다. 그러나 일반적으로 더 많은 정보를 전송할수록 더 높은 화질의 비디오를 생성할 수 있기 때문에, 표준에서 정의되는 다양한 압축 모드들에 대하여 압축을 시도하여 최소 비트량에 대한 최소 왜곡을 달성할 수 있는 모드를 결정하는 율-왜곡 최적화 (RDO : Rate-Distortion Optimization)를 수행한다.

일반적인 비디오 압축 응용분야에서는 고정된 양자화 파라미터 (QP : Quantization Parameter)에 대하여 MSE (Mean Squared Error)와 같은 객관적 화질측정 기준과 발생 비트량을 이용한 율-왜곡 최적화 과정을 통하여 코딩 유닛 및 예측 유닛, 변환 유닛의 분할구조, 화면 내 예측 모드, 화면 간 예측 모드 등을 결정한다. 이러한 객관적 화질 측정 기준은 구현 비용이 낮은 장점이 있지만, 실제로 시청자가 느끼는 화질과의 상관도가 낮다는 단점이 존재한다. 이와는 반대로, 실제로 인간이 압축 영상을 시청하여 해당 영상의 화질을 판단하는 방법은 궁극적인 화질을 판단할 수 있다는 장점이 있지만, 매우 높은 비용이 요구된다. 따라서 본 논문에서는 공간 도메인 상에서 주변의 평균 밝기에 따라 달

라지는 인간의 시각적 민감도를 판단할 수 있는 JND (Just Noticeable Difference)를 사용하여^[4], 기존의 객관적 화질 기반의 인코딩 결과에 대하여 추가적으로 비트량을 감소시킬 수 있는 방법을 제안한다.

제안하는 방법에 사용된 JND는 영상의 지역적 평균 밝기값에 대하여 인간이 변화를 인지할 수 있는 밝기값 차의 최소값을 정의함으로써, 이를 이용하여 해당 픽셀의 밝기값이 영상 내에서 인지 가능한지 여부를 판단할 수 있다. 따라서 만일, 어떤 양자화 파라미터가 적용된 영상 신호와 또 다른 양자화 파라미터가 적용된 영상 신호 간의 차가 JND에서 정의하는 임계값보다 크지 않다면, 서로 다른 두 양자화 파라미터에 대한 두 영상은 주관적 화질이 유사한 것으로 판단할 수 있다. 이러한 경우, 두 영상 신호 중 더 적은 비트량으로 압축된 결과를 선택함으로써 유사한 주관적 화질을 유지하면서 비트량이 절감될 수 있다.

JND 모델을 사용하여 유사한 주관적 화질에 대한 비트량을 최소화하기 위해서, 제안하는 방법에서는 코딩 유닛에 대한 멀티-루프 방식의 인코딩 방법을 사용하였다. 이는 주어진 양자화 파라미터를 사용하여 압축된 영상 신호에 대하여 JND 임계치를 넘지 않는 화소들의 비율이 일정량 이하일 때까지 양자화 파라미터를 증가 시킴으로써 유사한 주관적 화질이 유지되는 최대 양자화 파라미터를 찾는 방법이다. 제안하는 멀티-루프 형태의 압축 방법은 인코딩 복잡도가 높은 단점이 있지만, 구현 비용이 낮고 압축 효율이 높은 장점을 갖는다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 HEVC 표준과 기존의 주관적 화질 기반 비디오 압축 방법의 개요를 설명하고, III장에서는 제안하는 알고리즘에서 사용된 JND의 개념 및 정의에 대하여 설명한다. IV장에서는 제안하는 알고리즘에 대하여 상세히 기술하며, V장에서는 제안하는 방법의 성능 분석 및 결과를 보이며, VI장에서 결론을 맺는다.

II. HEVC 표준 및 기존의 주관적 화질 기반 비디오 압축 방법의 개요

HEVC는 기존의 H.264/AVC 대비 약 50%의 압축 효율을 달성한 최신 비디오 압축 표준이며, HEVC의 인코더 블록 다이어그램은 그림 1과 같다.

HEVC의 디코딩 구조는 예측/변환 부호화를 갖는

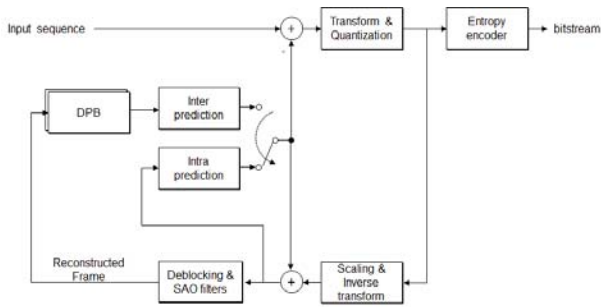


그림 1. HEVC의 인코더 블록 다이어그램
Fig. 1. Block diagram of HEVC encoder.

기존의 전통적인 비디오 압축 표준들과 유사하다. 그러나 CU (Coding Unit), PU (Prediction Unit), TU (Transform Unit)의 다양한 가변 크기의 블록 구조를 갖는다.^[5-6] 또한, 화면 내 예측에 대해서는 기존의 DC 모드를 포함한 9개 예측모드를 같은 H.264/AVC 대비 총 35개의 세분화된 모드를 지원한다.^[7] 움직임 벡터의 예측 및 양자화된 변환 계수의 전송을 컨트롤하기 위한 AMVP (Adaptive Motion Vector Prediction), Merge 모드가 추가되었으며,^[8] 기존의 디블록킹 필터에 추가적으로 SAO (Sample Adaptive Offset)와 같은 인-루프 필터가 채택되었다.^[9] HEVC는 이러한 다양한 블록 구조와 변환, 예측 틀들을 통하여 높은 압축 성능을 달성할 수 있다.^[8] 본 논문에서는 이러한 HEVC를 기반으로 하여 주관적 화질 관점에서의 압축 방법을 제안한다.^[10-11]

많은 비디오 압축 응용 분야에서는 일반적으로 영상 신호에 포함된 에러의 양이 증가할수록 화질이 저하된다는 가정 하에 객관적 화질 기반의 율-왜곡 최적화 기반 비디오 압축을 수행한다.^[12] 이러한 객관적 화질 기반의 율-왜곡 최적화 방법은 구현 비용이 낮은 장점으로 인하여 널리 사용된다. 그러나 이러한 객관적 화질은 HVS의 다양한 특성을 충실히 반영하지 못하여 실제 시청자가 느끼는 주관적 화질과의 상관도가 낮은 단점이 존재하기 때문에 다양한 주관적 화질 관점의 비디오 압축 방법이 제안되었다.

[13]에서는 블록 신호의 공간 복잡도, 신호의 평균 밝기, 분산, 잔차신호의 에너지 등의 다양한 특성에 따라 해당 블록 신호에 대한 최적의 양자화 파라미터를 결정하는 율-제어 방법을 제안하였다. [14]에서는 HEVC의 다양한 크기의 변환 블록 기반의 주관적 화질 기반의 압축 방법을 제안하였다. 제안하는 방법은 변환된 주파

수 축의 신호에 대하여 공간 주파수 민감도, 움직임 벡터를 고려한 시간축 마스킹, 에지 기반의 대비 마스킹, 주변 블록의 밝기에 대한 휘도 마스킹의 다양한 HVS 특성을 주파수 변환 계수에 적용하여 적응적으로 변환 계수를 억제하여 비트량을 절감하는 방법을 제안하였다. [15]에서는 JND와 SSIM (Structural SIMilarity)을 사용한 HEVC 기반의 화면 내 예측과 양자화 방법을 제안하였다. [16]에서는 입력 영상 신호와 복원 영상 신호를 참조하여 JND 모델을 기반으로 양자화 파라미터를 결정하는 코딩 유닛 레벨의 멀티-루프 인코딩 방법을 제안한다. 이는 본 논문에서 제안하는 방법과 유사한 JND 기반의 멀티-루프 인코딩 방법이다. 그러나 해당 논문에서 제안하는 방법은 복원 영상 신호의 주관적 화질이 입력 영상 신호와 비교됨에 따라, 낮은 비트율의 인코딩 환경에서 비트율 절감율이 매우 낮다는 단점이 존재한다. 이러한 기존의 주관적 화질 기반의 비디오 압축 방법은 HVS가 매우 복잡한 인지적 특성들로 구성되며, 이를 고려하여 기존의 PSNR과 같은 객관적 화질 관점에서의 압축 방법에 대해 추가적으로 비트율을 절감할 수 있음을 보여준다.

III. Just Noticeable Difference의 개념 및 정의

인간의 시각 시스템 (HVS : Human Visual System)은 매우 복잡한 구조의 시스템으로, 다양한 특성을 갖는다. 이는 대비 민감도 (contrast sensitivity), 움직임 적응 (motion adaptation) 등의 다양한 특성으로 구성되며, 그 중 가장 우세한 특성 중 하나는 휘도 적응 (luminance adaptation)이다. 이러한 휘도 적응 특성을 반영한 것이 JND 모델이다.^[4] JND는 영상 신호의 지역적 특성 중 밝기의 평균을 기반으로, 평균 밝기값에 대한 인지 가능한 최소 밝기차를 정의하며, 수식 (1)과 같이 간소화될 수 있다.^[17]

$$JND_{lum} = \begin{cases} 17 \left(1 - \sqrt{\frac{I(x,y)}{127}} \right) + 3, & \text{if } I(x,y) \leq 127 \\ \frac{3}{128} (I(x,y) - 127) + 3, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

수식 (1)의 $I(x, y)$ 는 (x, y) 위치를 중심으로 한 휘도 성분의 지역적 픽셀값의 평균을 의미한다. 이에 대하여 해당 평균 밝기값에 대한 밝기차 민감도의 임계치인 JND_{lum} 가 결정된다. 수식 (1)과 같이 정의되는 휘도 성

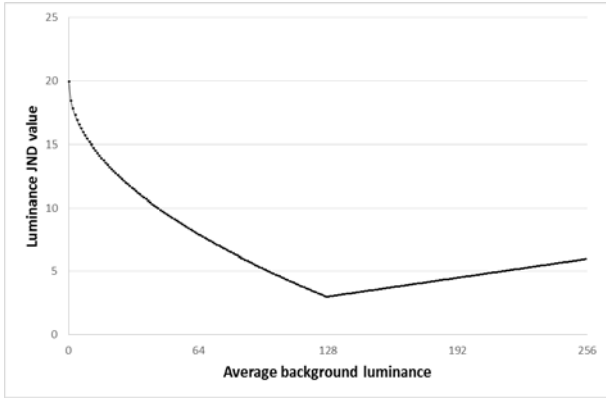


그림 2. JND 모델의 평균 밝기값과 인지 가능한 밝기차간의 관계

Fig. 2. The relationship between average background luminance and noticeable luminance difference of JND model.

본에 대한 JND 모델은 (x, y) 위치의 픽셀이 주변 픽셀들의 평균인 I 와 JND_{lum} 이상 차이가 날 경우 인간이 인지 가능하며, 해당 임계치 이하의 차이에서는 인지되지 않음을 의미한다. 그림 2는 이러한 JND 모델을 주변의 평균 밝기값에 대한 임계치를 그래프로 보여준다.

그림 2와 같이, 인간의 시각 시스템은 최소 밝기 0으로부터 최대 밝기 255 사이에 정의된 범위에서 128 근처인 중간 밝기 영역의 임계치가 가장 작은, 즉, 민감도가 가장 높은 것을 알 수 있으며, 매우 어둡거나 매우 밝은 영역에서는 민감도가 상대적으로 낮음을 알 수 있다. 이는 주변 밝기에 대하여 JND 모델에 의해 결정되는 임계치 내에서 발생하는 에러의 차는 인지 불가능함을 의미한다. 따라서 에러의 양이 서로 다른 두 영상 신호의 주관적 화질을 판단함에 있어, 모든 영역에서의 에러의 차가 해당 영역의 지역적 밝기값에 대한 JND 임계치를 넘지 않는다면, 두 영상 신호의 화질은 주관적으로 동일하게 인지될 수 있다.

예를 들어, 원본 영상 I_{org} 에 대하여 초기 양자화 파라미터 QP_{base} 에 따른 에러 $E(QP_{base})$ 가 더해진 영상 신호 $I(QP_{base})$ 와 더 높은 양자화 파라미터 QP_{high} 에 따른 에러 $E(QP_{high})$ 가 더해진 영상 신호 $I(QP_{high})$ 가 존재한다고 가정하자.

$$I(QP_{base}) = I_{org} + E(QP_{base}) \quad (2)$$

$$I(QP_{high}) = I_{org} + E(QP_{high}) \quad (3)$$

이 때, 두 영상 $I(QP_{base})$ 와 $I(QP_{high})$ 에 각각 더해진

에러양의 차의 절대값 $|E(QP_{base}) - E(QP_{high})|$ 이 JND 임계치보다 작을 경우, 두 영상은 동일한 화질로 인지될 수 있다.

IV. 제안하는 JND 모델을 사용한 코딩 유닛 레벨 멀티-루프 인코딩 기반의 비디오 압축 방법

본 논문에서 제안하는 방법은 인간 시각 시스템의 휘도 적응 특성을 비디오 압축에 적용하는 것이다. 비디오 압축 과정에서 양자화 파라미터에 따라 발생하는 에러의 양이 주변 밝기값의 평균을 고려했을 때, 인지 가능한가의 여부를 JND 임계치로 판단함으로써 허용 가능한 최대 양자화 파라미터 값을 결정한다. 이는 동일한 입력 영상에 대해 양자화 파라미터에 따라 서로 다른 양의 에러가 발생한다 하더라도, 에러의 차이가 JND 임계치를 넘지 않는다면 유사한 주관적 화질로 인지될 수 있기 때문에 인코딩 과정에서 유사한 주관적 화질 대비 최소 비트량으로 압축되는 결과를 선택하는 방법이다. 유사한 주관적 화질에서 유효한 최대 양자화 파라미터를 선택하기 위해 본 논문에서 제안하는 방법은 코딩 유닛 레벨의 멀티-루프 인코딩 방법이다. 제안하는 방법의 인코딩 블록 다이어그램은 그림 3과 같다.

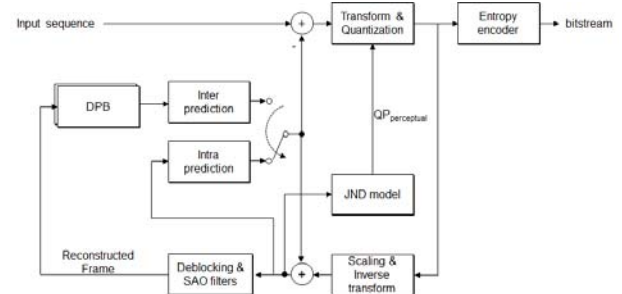


그림 3. HEVC에 적용된 제안한 방법의 인코더 블록 다이어그램

Fig. 3. Block diagram of the proposed method on HEVC encoder.

1. 올-웨어 최적화와 제안하는 코딩 유닛 레벨의 멀티-루프 인코딩 개요

대부분의 비디오 압축 방법에서 사용되는 객관적 화질 기반의 RDO는 수식 (4)와 같이 적용된다.

$$rdcost(QP, mode) = D(QP, mode) + \lambda(QP, mode)R(QP, mode) \quad (4)$$

수식 (4)의 $rdcost$, D , λ , R 은 특정 양자화 파라미터 (QP) 값과 압축 모드 ($mode$)에 의해 결정되는 함수로써 D 는 압축과정에서 양자화에 의해 발생하는 열화를 의미하며, R 은 발생하는 비트량을 의미한다. D 와 R 에 대해 특정 비트량에 대한 화질 간의 관계를 정의하는 라그랑지안 값 (Lagrangian multiplier) λ 를 이용하여 $rdcost$ 이 결정된다. 이러한 RDO 과정에서 특정 QP 에 대하여 표준에서 지원하는 다양한 $mode$ 로 부호화를 수행하여 최소 $rdcost$ 를 갖도록 하는 $mode$ 를 해당 QP 에 대한 최적 $mode$ 로 결정함으로써 압축이 수행된다. 이에 대하여 제안하는 유사한 주관적 화질에서의 최대 QP 를 찾는 방법은 기준 QP 를 이용하여 부호화 및 복호화된 영상신호와 기준 QP 보다 큰 QP 를 이용하여 부호화 및 복호화된 영상신호를 비교하여, 두 신호의 차이가 JND 임계치를 넘지 않는 범위에서 지속적으로 QP 를 증가시킨다.

2. JND 모델 기반의 양자화 파라미터 결정

앞서 설명한 바와 같이 제안하는 JND 기반의 코딩 유닛 레벨 멀티-루프 인코딩 방법은 서로 다른 양자화 파라미터에 따라 발생하는 서로 다른 양의 에러에 대하여, 해당 에러의 양이 JND 모델 관점에서 인지 불가능할 경우 더 큰 양자화 파라미터를 선택함으로써 유사한 주관적 화질 대비 비트량을 최소화하는 방법이다. 이는

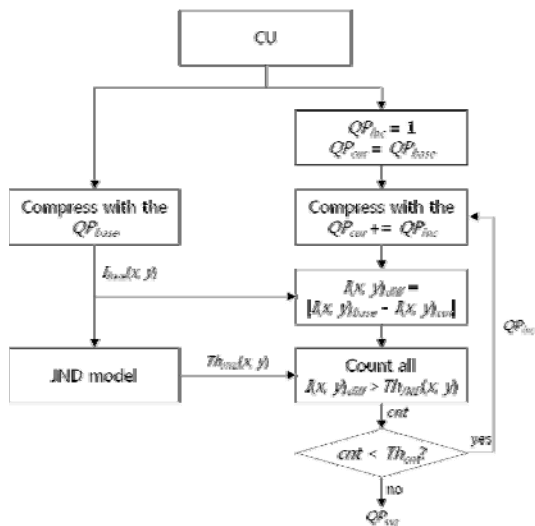


그림 4. 제안하는 현재 코딩 유닛의 양자화 파라미터 결정 방법

Fig. 4. The proposed quantization parameter decision for the current coding unit.

현재 슬라이스 내에 존재하는 모든 코딩 유닛에 고정된 양자화 파라미터를 적용한 결과를 기준으로, 더 높은 양자화 파라미터를 적용한 뒤, 복원된 두 영상신호를 JND 모델을 기준으로 비교함으로써 에러의 인지 가능 여부를 판단한다. 만일, 더 높은 양자화 파라미터가 적용된 영상신호의 에러가 인지 불가능하다면 더 높은 양자화 파라미터가 적용된 인코딩 결과를 선택한다. 앞서 설명한 바와 같이, HEVC는 코딩 유닛 레벨에서 양자화 파라미터가 전송되기 때문에, 제안하는 방법 또한 코딩 유닛 단위에 적용될 수 있다. 제안하는 방법의 흐름도는 그림 4와 같다.

그림 4와 같이 제안하는 방법은 현재 슬라이스에 적용되는 양자화 파라미터를 기준 양자화 파라미터인 QP_{base} 라고 정의하고, 이를 현재 코딩 유닛에 적용한다. 이후, QP_{base} 가 적용된 복원 영상 신호 I_{base} 를 JND 모델에 적용하여 각 픽셀에 대한 인지 여부 임계치인 TH_{JND} 를 결정한다. 또한, 현재 코딩 유닛에 적용되는 양자화 파라미터를 QP_{cur} 라고 했을 때, 이는 QP_{base} 와 증가되는 양자화 파라미터 값인 QP_{inc} 의 합으로 정의하며, 현재 코딩 유닛에 적용한다. QP_{cur} 가 적용된 복원 영상 신호인 I_{cur} 와 QP_{base} 가 적용된 복원 영상 신호인 I_{base} 간의 절대차 영상인 I_{diff} 의 모든 픽셀 위치의 값들 중 TH_{JND} 를 초과하는 값들의 수를 계산하여, 코딩 유닛의 크기에 따라 정의된 TH_{cut} 보다 적을 경우 현재 코딩 유닛에 QP_{inc} 만큼 증가된 양자화 파라미터를 적용한다. 만일, TH_{JND} 를 초과하는 I_{diff} 값의 수가 TH_{cut} 에 도달한 경우의 QP_{cur} 를 현재 코딩 유닛의 양자화 파라미터로 결정하고, 이를 비트스트림을 통하여 전송한다.

그림 4의 JND 모델은 QP_{base} 가 적용된 복원 영상 신호인 I_{base} 를 입력으로 하여, 각 픽셀 위치 (x, y) 에 대한 TH_{JND} 를 결정한다. TH_{JND} 를 결정하기 위해서는 입력된 영상신호에 대한 휘도성분의 지역적 평균값을 계산하며, 제안하는 방법에서는 각 픽셀 위치 (x, y) 를 중심으로 5×5 개의 픽셀값들의 평균으로 정의하였다.

2. HEVC의 양자화 파라미터 전송 방법

제안하는 방법은 앞서 설명한 QP의 결정을 위해 코딩 유닛 레벨에서 QP를 변경하여 멀티-루프 인코딩을 수행한다. 코딩 유닛 레벨에서 멀티-루프 인코딩을 적용하는 이유는 HEVC 표준에서 지원하는 QP 정보 전송의 최소 단위가 코딩 유닛이기 때문이다. HEVC의

압축 비트스트림 내에 존재하는 각 슬라이스의 휘도 성분 QP 정보인 'SliceQP'는 픽처 파라미터 셋 (PPS : Picture Parameter Set)에 의해 전송되는 'init_qp_minus26'와 슬라이스 헤더에 의해 전송되는 'slice_qp_delta' 선택스 요소로부터 수식 (5)와 같이 결정된다. 다음과 같은 과정을 통하여 결정된다.

$$\text{SliceQpY}=26+\text{init_qp_minus26}+\text{slice_qp_delta} \quad (5)$$

결정된 슬라이스 QP에 대하여 각 코딩 유닛의 QP 차분값 'CuQpDeltaVal'는 해당 코딩 유닛 내에서 정의되는 변환 유닛 (TU : Transform Unit)에 양자화된 변환 계수의 유무 (cbf : coded block flag)에 따라 전송되는 'cu_qp_delta_abs'와 'cu_qp_delta_sign_flag' 선택스 요소에 의하여 수식 (6)과 같이 결정된다.

$$\text{CuQpDeltaVal}=\text{cu_qp_delta_abs} \times (1-2 \times \text{cu_qp_delta_sign_flag}) \quad (6)$$

코딩 유닛의 QP 차분값은 전송되는 비트량을 최소화하기 위하여 예측이 수행된 값이다. 제안하는 알고리즘은 코딩 유닛 단위에서 JND 기반의 허용 가능한 최대 양자화 파라미터를 결정하여, 차분값을 전송한다.

V. 제안하는 방법의 성능 분석 및 결과

본 논문에서 제안하는 주관적 화질 향상을 위한 JND 기반의 코딩 유닛 레벨 멀티-루프 인코딩 방법의 부호화 성능을 측정하기 위하여 HEVC 참조 소프트웨어인 HM16.0에 제안하는 알고리즘을 구현하였다. 제안하는 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 HEVC 표준화 과정에서 사용되는 CTC (Common Test condition)^[18]

표 1. 제안한 알고리즘의 성능 검증을 위해 사용된 HEVC 표준 테스트 영상의 상세 정보

Table 1. Information about HEVC test sequences used for performance evaluation of the proposed algorithm.

Class (해상도)	시퀀스명	프레임 수	프레임율 (fps)
Class B (1920×1080)	Kimono	240	24
	ParkScene	240	24
	Cactus	500	50
	BasketballDrive	500	50
	BQTerrace	600	60

RA (Random Access) 실험 조건에서의 압축 성능과 비교하였으며, CTC에서 사용되는 테스트 영상 중 Class B에 해당되는 영상들을 대상으로 성능 측정이 수행되었다. Class B 영상의 상세 정보는 표 1과 같다.

표 1의 실험 영상들에 대한 인코딩 결과는 표 2, 3과 같다. 표 2의 'HM16.0'은 HEVC 참조 소프트웨어인 HM16.0을 이용하여 CTC RA 조건 하에 인코딩된 압축 성능을 나타낸다. 'Proposed method'는 HM16.0을 기반으로 본 논문에서 제안하는 주관적 화질 기반의 압축 알고리즘을 적용하여 인코딩된 압축 성능을 나타낸다. 제안하는 방법은 그림 4의 *crit*를 실험적으로 한 개의 코딩 유닛 내에 존재하는 픽셀 수의 10%에 해당하는 값으로 설정하였다. 이에 대한 비트율 절감은 표 2와 같다.

표 2의 실험결과에서 'ΔBR'는 HM16.0의 인코딩 비트율과 제안한 방법으로 인코딩했을 때의 비트율 간의 차를 백분율로 나타낸 것이다. 표 2의 실험결과와 같이 제안하는 방법은 HM16.0과 비교하였을 때, 유사한 주관적 화질에서 약 3.4배의 인코딩 속도에 대해 평균적으로 6.18%의 비트율 절감을 달성하였다. 표 2의 실험 결과를 통하여 제안하는 방법은 일반적으로 낮은 양자화 파라미터가 적용되는 인코딩 환경에서 비교적 높은

표 2. CTC RA 실험 환경에서 HM16.0 대비 제안한 알고리즘의 비트율 성능

Table 2. Bitrate reduction of the proposed algorithm compared to HM16.0 under CTC RA coding condition.

Sequence	QP	HM16.0		Proposed method		ΔBR
		bitrate	PSNRY	bitrate	PSNRY	
Kimono	22	4787.87	41.61	4003.27	41.18	16.39
	27	2187.83	39.75	1933.81	39.30	11.61
	32	1068.84	37.45	977.83	37.01	8.51
	37	543.38	35.07	516.81	34.72	4.89
ParkScene	22	7679.62	40.07	6682.95	39.42	12.98
	27	3335.78	37.55	3152.42	37.12	5.50
	32	1538.07	34.95	1498.46	34.66	2.58
	37	717.90	32.44	709.12	32.24	1.22
Cactus	22	18423.60	38.48	14700.40	38.14	20.21
	27	5733.25	36.85	5412.38	36.62	5.60
	32	2672.64	34.95	2636.82	34.73	1.34
	37	1370.57	32.77	1375.28	32.58	-0.34
BasketballDrive	22	17365.65	39.16	14427.98	38.83	16.92
	27	6018.53	37.48	5719.83	37.28	4.96
	32	2809.94	35.63	2800.74	35.47	0.33
	37	1476.91	33.64	1499.18	33.52	-1.51
BQTerrace	22	39640.12	37.44	36019.29	37.17	9.13
	27	7374.98	35.31	7079.44	35.23	4.01
	32	2266.06	33.86	2260.39	33.77	0.25
	37	970.38	31.99	980.27	31.89	-1.02
Average		6399.10	36.32	5719.33	36.04	6.18

성능을 달성하며, 반면 높은 양자화 파라미터가 적용되는 인코딩 환경에서는 다소 낮거나 약간의 성능 저하가 발생했음을 알 수 있다. 이러한 이유 중 하나는 제안하는 방법이 한 개의 코딩 유닛 레벨 내에서 양자화 파라미터의 차분값을 결정함에 따라, 양자화 파라미터의 값이 커질수록 전송되는 양자화된 변환 계수의 정보량이 매우 적어지는 반면, 제안하는 방법을 통하여 결정된 양자화 파라미터의 차분 값의 정보량이 상대적으로 많아지는 특성을 갖기 때문이다.

또한, 입력된 영상의 특성 중, 지역적으로 매우 어둡거나 밝은 영역이 많기 때문에 JND 임계치가 크게 발생할 수 있는 'Kimono', 'ParkScene'과 같은 영상에서는 높은 양자화 파라미터를 적용하더라도 각각 4%와 1% 이상의 비트율 성능 향상을 보였다. 반면, HVS의 민감도가 높은 중간 밝기의 영역이 많은 영상에서는 높은 양자화 파라미터를 적용할 경우, 약 1% 내외로 비트율이 높게 발생하였음을 알 수 있다.

그림 5는 'Kimono' 영상에 대한 제안한 방법의 주관적 화질 비교 결과를 보인다. 그림 5의 (a)는 36번 픽처에 대한 원본 영상이며, (b)는 HM16.0을 이용하여 QP 37로 압축된 복원 픽처이다. (c)는 제안하는 방법을 이용하여 QP 37로 압축된 복원 픽처이다. 그림 5와 같이 제안하는 방법은 HM16.0을 기반으로 압축된 영상 대비 전체적으로 유사한 주관적 화질을 갖는다. 그러나 영상 내에 표시된 일부 영역에서 서로 다른 양자화 파라미터가 적용됨에 따른 차이를 보임을 알 수 있다. 그림 5의 영상은 CTC RA 실험 환경에서 시간축 예측을 이용하

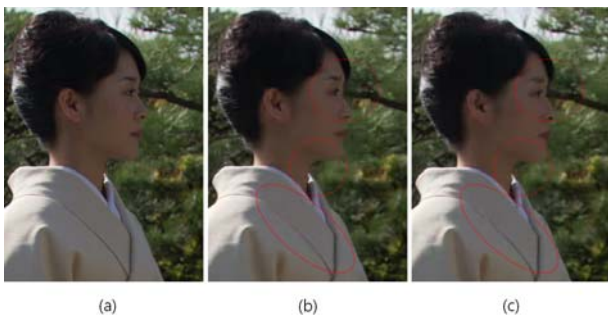


그림 5. 제안하는 방법의 주관적 화질 비교 결과
(a) 'Kimono' 영상의 원본 (36번 픽처) (b) HM16.0 (QP = 37) (c) 제안하는 방법 (QP = 37)

Fig. 5. Comparison of the perceptual quality of the proposed algorithm (a) original frame (frame number : 36) (b) HM16.0 (QP = 37) (c) the proposed algorithm (QP = 37).

여 압축되는 픽처로써, 원본 영상과 움직임 추정된 영상 간의 정확도 및 JND 기반의 민감도에 따라 결정된 양자화 파라미터의 영향으로 서로 다른 복원 신호가 생성된다.

VI. 결 론

본 논문에서는 JND 모델을 기반으로 유사한 주관적 화질에 대한 비트량을 최소화하기 위한 최대 양자화 파라미터를 전송하는 코딩 유닛의 멀티-루프 인코딩 방법을 제안하였다. 제안하는 방법은 HVS의 특성 중 가장 우세한 휘도 적응 특성을 반영한 간소화된 JND 모델을 통하여 기준이 되는 양자화 파라미터가 적용된 복원 영상 신호 대비 주관적 화질이 유사하게 유지되는 최대 양자화 파라미터를 코딩 유닛 단위에서 결정함으로써 비트율을 절감하는 것이다. HEVC의 참조 소프트웨어인 HM16.0에 제안하는 알고리즘을 구현하여 CTC RA 인코딩 환경에서 class B 영상에 대하여 성능을 측정할 결과, 유사한 주관적 화질에서 최대 20.21%, 평균 6.18%의 비트율 절감을 확인하였다.

REFERENCES

- [1] B. Bross, W.-J. Han, J.-R. Ohm, G. Sullivan, Y.-K. Wang, and T. Wiegand, "High Efficiency Video Coding (HEVC) text specification draft 10 (for FDIS & Last Call)," ITU-T SG16 WP3 & ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 JCTVC-L1003, January 2013.
- [2] A. Tamhankar and K.-R. Rao, "An Overview of H.264/MPEG-4 part 10," 4th EURASIP Conference on Video/Image Processing and Multimedia Communications, vol. 1, pp. 1-51, June 2003.
- [3] G. J. Sullivan, J. R. Ohm, W. Han, and T. Wiegand, "Overview of the High Efficiency Video Coding (HEVC) standard," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 22, pp. 1649-1668, December 2012.
- [4] C. Chou and Y. Li, "A Perceptually Tuned Subband Image Coder Based on the Measure of Just-Noticeable-Distortion Profile," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Tech., vol. 5, no. 6, pp. 467-476, December 1995.
- [5] Y. Ahn and D. Sim, "Square-type-first inter-CU

- tree search algorithm for acceleration of HEVC encoder,” Journal of Real-Time Image Processing, February 2015.
- [6] 유성은, 안용조, 심동규 “CU 깊이 우선 결정 기반의 HEVC 고속 부호화 방법,” 전자공학회지, 제49권, 제3호, 40 - 50쪽, 2012년 5월.
- [7] 김영조, 김재석 “쿼드트리 구조와 SATD를 이용한 HEVC 인코더의 고속 인트라 예측 방식,” 전자공학회지, 제51권, 제3호, 129-138쪽, 2014년 3월.
- [8] 김재일, 안상수, 김대은, 김문철, “HEVC 기술 소개 -Part I: 기본 구성 요소,” 전자공학회지, 제41권, 제10호, 18-30쪽, 2014년 10월.
- [9] 안용조, 황태진, 유성은, 한우진, 심동규 “HEVC 부호화기 소프트웨어의 통계적 특성 및 복잡도 분석,” 방송공학회논문지, 제17권 제6호, 1091-1105쪽, 2012년 11월.
- [10] T. Hwang, Y. Ahn, J. Ryu and D. Sim, “Optimized Implementation of Interpolation Filters for HEVC Encoder,” Journal of The Institute of Electronics Engineers of Korea vol. 50, no. 10, October 2013.
- [11] H. Ryu, Y. Ahn, J. Mok and D. Sim “Performance Analysis of HEVC Parallelization Methods for High-Resolution Videos,” IEIE Transactions on Smart Processing and Computing, vol. 4, no. 1, February 2015.
- [12] G. J. Sullivan and R. Wiegand, “Rate-distortion optimization for video compression,” IEEE Signal Processing Magazine, vol. 15, no. 6, pp.74-90, November 1998.
- [13] K. Minoo and T. Nguyen, “Perceptual Video Coding with H.264,” Signals, Systems and Computers, 2005. Conference Record of the Thirty-Ninth Asilomar Conference on, pp. 741-745, Pacific Grove, CA, October 2005.
- [14] J. Kim, S. Bae and M. Kim, “An HEVC-Compliant Perceptual Video Coding Scheme based on JND Models for Variable Block-sized Transform Kernels,” IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Tech., vol. pp, no. 99, pp. 1, 2015.
- [15] G. Jin, R. Cohen, A. Vetro and H. Sun, “Joint perceptually-based Intra prediction and quantization for HEVC,” Signal & Information Processing Association Annual Summit and Conference, pp. 1-10, Hollywood, CA, 2012.
- [16] W. Lim, H. Jo and D. Sim, “Perceptual Coding based on JND model for High Efficiency Video Coding,” in international conference on 3 Dimensional Systems and Applications, Seoul,

Korea, 2014.

- [17] C. Lee, P. Lin, L. Chen, and W. Wang, “Image enhancement approach using the just-noticeable difference model of the human visual system,” J. Electron. Imaging., vol. 21, July 2012.
- [18] F. Bossen, “Common test conditions and software reference configurations,” The 8th JCT-VC meeting, JCT-VC H1100, San Jose, CA, Jan. 2012.

저 자 소 개



임 웅(학생회원)

2008년 광운대학교 컴퓨터공학과 학사

2010년 광운대학교 컴퓨터공학과 석사

2010년~현재 광운대학교 컴퓨터 공학 박사과정.

<주관심분야 : 영상압축, 컴퓨터 비전, 영상신호 처리>



심 동 규(정회원)

1999년 서강대학교 전자공학과 공학박사

1999년~2000년 (주) 현대 전자

2000년~2002년 (주) 바로 비전

2002년~2005년 Univ. of Washington

2005년~현재 광운대학교 컴퓨터공학과 교수

<주관심분야 : 영상신호처리, 영상압축, 컴퓨터 비전>