일반논문-09-14-6-08

# 영상 부호화 효율 향상을 위한 화면내 예측 오프셋 보상

임 성 창[a)‡], 이 하 현[a)], 최 해 철[a)], 정 세 윤[a)], 김 종 호[a)], 최 진 수[a)]

# Intra Prediction Offset Compensation for Improving Video Coding Efficiency

Sung-Chang Lim[a)‡], Hahyun Lee[a)], Haechul Choi[a)], Seyoon Jeong[a)], Jongho Kim[a)], and Jin Soo Choi[a)]

## 요 약

본 논문은 H.264/AVC 화면내 부호화에서 부호화 효율 향상을 위해 율-왜곡 최적화를 이용한 화면내 예측 오프셋 보상 방법을 제안한다. H.264/AVC의 화면내 예측 부호화는 주변 블록의 복원 화소들을 현재 부호화하려는 블록의 예측 블록으로 활용함으로써 공간적 상관성을 제거하고 부호화 효율을 향상시킨다. 제안 방법은 화면내 부호화의 예측 오차를 감소시키기 위해, 율-왜곡 비용 관점에서의 최적 값을 갖는 화면내 예측 오프셋을 기존 화면내 예측 블록에 더하여 예측 블록의 정확도를 높인다. 따라서 예측 오차 신호의 양자화된 변환 계수를 감소시키며 원본 블록과 복원된 블록 간의 왜곡을 감소시켜 화면내 블록의 부호화 성능을 향상시킬 수 있다. 추가적으로, 휘도 성분의 부호화 성능 향상을 위해 화면내 예측 오프셋 보상이 사용되는 화면내 블록의 색차 성분에 JM 11.0에서 화면간 부호화에서 사용되는 계수 임계 처리 방법을 적용한다. 본 논문의 실험에서는 제안하는 방법이 JM 11.0과 비교 실험했을 때 High Profile 환경에서 평균 2.45%의 비트율 감소와 최대 4.41%의 비트율을 감소시킬 수 있음을 보인다.

## Abstract

In this paper, an intra prediction offset compensation method is proposed to improve intra prediction in H.264/AVC. In H.264/AVC, intra prediction based on various directions improves the coding efficiency by removing spatial correlation between neighboring blocks. In details, neighboring pixels in reconstructed block can be used as intra reference block for the current block to be coded when intra prediction method is used. In order to reduce further the prediction error of the intra reference block, the proposed method introduces an intra prediction offset which is determined in the sense of the rate-distortion optimization and is added to the conventional intra prediction block. Besides the intra prediction offset compensation, the coefficient thresholding method which is used for inter coding in JM 11.0, is used for chroma component in intra block, which leads the improvement of the luma coding efficiency of the proposed method. In experiments, we show that the proposed method achieves average 2.45% in High Profile condition and maximum 4.41% of bitrate reduction relative to JM 11.0.

Keyword : H.264, AVC, Intra Prediction

---

a) 한국전자통신연구원 방통융합미디어연구부 실감미디어연구팀
Realistic Media Research Team, Broadcasting and Telecommunications Media Research Department, ETRI
‡ 교신저자 : 임성창(sclim@eri.re.kr)
※ 본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 IT 원천기술개발사업의 일환으로 수행한 연구로부터 도출된 것이다 [과제관리번호: 2008-F-011, 과제명: 차세대 DTV 핵심기술 개발].
· 접수일(2009년9월14일),수정일(20009년11월24일),게재확정일(2009년11월24일)

## I. 서 론

가장 최근에 제정된 H.264/AVC 표준[1]은 ITU-T VCEG (Video Coding Experts Group)과 ISO/IEC MPEG (Moving Picture Experts Group)에 의해 공동 개발되었으며, DMB, Blu-ray Disk 등과 같은 응용에서 널리 사용되고 있다. 하지만, 카메라 및 디스플레이 기술의 발전에 따라 많은 양의 고화질 영상 콘텐츠들이 배포되고 있어서 고화질 영상 콘텐츠들의 효율적인 저장 및 전송을 위해서 보다 높은 영상 압축 성능을 갖는 새로운 영상 코덱에 대한 요구가 증가하고 있다. 이러한 요구에 부응하여 최근 ITU-T VCEG 및 ISO/IEC MPEG에서는 새로운 영상 부호화 표준에 대한 개발을 본격적으로 시작하고 있다[2][3]. ITU-T VCEG에서는 영상 부호화 표준의 가장 중요한 요건인 부호화 효율 (Coding Efficiency)과 계산 복잡도(Computational Complexity)에 대한 애드-혹 그룹(Ad-Hoc Group)을 이미 결성하였으며, 새로운 영상 부호화 알고리즘들에 대한 선행 연구를 진행하고 있다[4][5]. 이러한 알고리즘 중 우수한 성능을 보이는 부호화 툴은 2005년 7월부터 KTA(Key Technical Area) 소프트웨어에 통합되고 지속적으로 개선되고 있다[6]. 하지만, 화면내 예측(Intra Prediction)과 관련해서는 아직까지 새로운 형태의 알고리즘이 KTA 소프트웨어에 통합되지 못하고, 기존의 H.264/AVC의 화면내 예측 방법이 개선 없이 사용되고 있다.

H.264/AVC에서 화면내 예측을 위해 휘도 성분의 예측 블록 (Prediction Block)의 크기에 따라 Intra 16x16, Intra 8x8, Intra 4x4 매크로블록 타입이 사용되며, Intra 16x16에서는 주변 화소 (Pixel) 값의 평균을 이용한 예측 모드인 DC 모드를 포함해서 수직 (Vertical), 수평 (Horizontal), 평면 (Plane) 모드를 사용할 수 있다. Intra 8x8, Intra 4x4 매크로블록 타입에서는 보다 다양한 방향에 기반한 예측 모드를 사용하여 화면내 블록의 부호화 성능 (Coding Efficiency)을 높일 수 있다. 이러한 여러 방향성에 따른 화면내 예측 블록이 화면내 예측을 통해 생성되며, 생성된 화면내 예측 블록은 원 영상의 블록과 차분되어 정수 변환 (Integer Transform) 및 양자화 (Quantization), 엔트로피 부호화 (Entropy Coding)를 통해서 저장되거나 전송된다. 본 논문에서는 화면내 예측 방법의 부호화 성능을 높이기 위해서 기존 화면내 예측을 통해서 생성된 화면내 예측 블록에 화면내 예측 오프셋을 보상하는 방법을 제안한다. 화면내 예측 오프셋 보상 방법은 각 매크로블록마다 최적의 화면내 예측 오프셋 값을 결정하기 위해서 율-왜곡 최적화 (Rate-Distortion Optimization)를 사용하여 최적의 율-왜곡 비용 (Rate-Distortion Cost)을 갖는 값을 오프셋으로 선택하고, 선택된 오프셋을 통해서 오프셋 보상된 예측 블록을 생성한다. 부호화기 (Encoder)에서 선택된 화면내 예측 오프셋은 엔트로피 부호화를 통해서 복호화기 (Decoder)로 전송되며, 복호화기는 전송 받은 오프셋을 이용하여 화면내 예측 블록에 화면내 예측 오프셋을 보상한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II 장에서는 H.264/AVC의 화면내 예측 방법 및 ITU-T VCEG에 기고된 화면내 예측 부호화 방법들을 소개하며, III 장에서는 H.264/AVC의 부호화 성능 향상을 위한 화면내 예측 오프셋 보상 방법과 율-왜곡 최적화에서 최적의 화면내 예측 오프셋 선택 방법, 화면내 예측 오프셋 보상 방법의 추가 성능 향상 방법을 제안한다. IV 장에서는 제안하는 화면내 예측 오프셋 보상 방법과 H.264/AVC의 화면내 예측 방법과의 다양한 비교 실험 결과를 제시하고, V 장의 결론으로 본 논문을 마친다.

## II. 화면내 예측 방법들

### 1. H.264/AVC의 화면내 예측

H.264/AVC에서 화면내 예측은 색 성분 (Color Component)에 따라 휘도 (Luminance) 화면내 예측과 색차 (Chrominance) 화면내 예측으로 나뉘며, 휘도 화면내 예측은 블록 크기에 따라 Intra 16x16, Intra 8x8, Intra 4x4 매크로블록 타입으로 이루어지며, 색차 화면내 예측은 색 형식 (Color Format)에 따라 예측 블록 크기가 정해진다. 각각의 화면내 예측 매크로블록 타입에 따른 예측 모드는 표 1과 같이 정리할 수 있다.

Intra 16x16에서는 총 4가지의 예측 모드를 사용하고, Intra 8x8과 Intra 4x4에서는 동일하게 총 9가지의 방향성을

표 1. H.264/AVC의 화면내 예측 모드에 따른 예측 방향
Table 1. Prediction direction according to intra prediction mode in H.264/AVC

| 예측 모드 | Intra 16x16 (휘도) | Intra 8x8 (휘도) | Intra 4x4 (휘도) | Intra NxN (색차) |
|---|---|---|---|---|
| 0 | Vertical | Vertical | Vertical | DC |
| 1 | Horizontal | Horizontal | Horizontal | Horizontal |
| 2 | DC | DC | DC | Vertical |
| 3 | Plane | Diagonal_Down_Left | Diagonal_Down_Left | Plane |
| 4 | | Diagonal_Down_Right | Diagonal_Down_Right | |
| 5 | | Vertical_Right | Vertical_Right | |
| 6 | | Horizontal_Down | Horizontal_Down | |
| 7 | | Vertical_Left | Vertical_Left | |
| 8 | | Horizontal_Up | Horizontal_Up | |

가지는 예측 모드를 사용한다. 그림 1은 표 1에서 Intra 8x8과 Intra 4x4에서 사용되는 예측 모드의 각 예측 방향을 그림으로 나타냈으며, 그림 안의 숫자는 표 1의 예측 모드 색인 (Index)을 나타낸다.

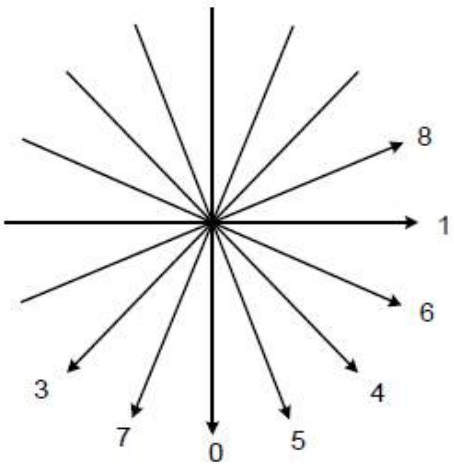



그림 1. H.264/AVC의 화면내 예측 방향
Fig. 1. Intra prediction direction in H.264/AVC

여기서 2번 색인은 그림 1에 나타나 있지 않은데, 2번은 DC 모드에 해당하며, 복원된 주변 화소들의 평균을 이용하여 예측 블록을 생성한다. 이와 같이 각 화면내 예측 방향에 따라 현재 블록과 인접한 복원된 화소로부터 화소값 복사, 저역 통과 필터 (Low-Pass Filter), 화소들의 평균을 이용하여 예측 블록을 생성하고, 원 영상 블록과 예측 블록 간의 차분을 통해 잔여 블록 (Residual Block)을 생성한 뒤, 잔여 블록에 정수 변환, 양자화 및 엔트로피 부호화를 수행한다.

## 2. 그 밖의 화면내 예측 방법들

ITU-T VCEG에서는 차세대 영상 코덱에서 필요한 영상 부호화 알고리즘에 대한 선행 연구를 진행하고 있으며, 여러 기관들에서 부호화 성능 향상을 위한 알고리즘들을 제안하고 있다. 본 절에서는 ITU-T VCEG에 기고된 화면내 예측 방법들을 중심으로 알고리즘의 간단한 특징에 대해 살펴본다. 스웨덴 Ericsson에서는 화면내 부호화 (Intra Coding) 방법과 화면간 부호화 (Inter Coding) 방법을 율-왜곡 최적화를 통해 가중 조합 (Weighted Combination)하여 예측 블록을 생성하는 방법을 제안했다[7]. 이와 비슷하게 화면내 부호화와 화면간 부호화를 같이 사용하는 방법을 중국 Zhejiang University에서 제안하였다[8]. 독일 RWTH Aachen University에서는 H.264/AVC의 화면내 예측 방법과 복원된 화면내 프레임 내의 블록을 복사하여 예측 블록으로 이용하는 변위된 화면내 예측 (Displaced Intra Prediction), 부호화하는 블록에 인접한 복원된 주변 픽셀들을 이용하여 현재 부호화하는 블록의 예측 블록을 찾는 템플릿 매칭 (Template Matching) 방법을 함께 사용하였다[9]. 또한, 화면내 예측에서 부표본화 (Downsampling)를 이용하여 실제 부호화할 데이터 양을 줄임으로써 부호화 성능을 향상시키는 방법도 제안되었다[10][11]. 양방향 화면내 예측 (Bipredictional Intra Prediction)은 일본 Toshiba에서 제안한 화면내 예측 방법이며, 기존의 H.264/AVC에서 기본

적으로 사용하는 부호화 순서인 점방식 주사 (Raster Scan)를 사용하지 않고, 여러 방식의 주사 방식을 통해 화면내 예측의 방향성을 다양하게 사용하였다[12]. 일본 Hitachi에서는 기존의 H.264/AVC의 화면내 예측 방법의 방향성이 고정되어 있으므로 영상 내에 존재하는 방향성을 고려하여 영상 전체에 대해 다양한 각도로 회전한 후 화면내 예측을 수행하고 부호화하는 방법을 제안하였다[13]. 일본 KDDI에서는 화면내 예측에 사용되는 부호화하는 블록에 인접한 복원된 픽셀들로부터 공간적 주파수를 추출한 다음에 해당 주파수에 알맞게 예측 블록을 생성하고, 이를 이용해 화면내 부호화하여 부호화 성능을 향상시켰으며[14], 일본 NTT에서는 이와 유사하게 주변 복원된 픽셀들의 기울기 (Gradient)를 고려하여 화면내 예측 블록을 생성하여 사용하였다[15]. LG 전자에서는 화면내 예측 부호화의 성능 향상을 위해서 부-화소 (Sub-Pel) 기반의 화면내 예측을 제안하였다[16]. 한국전자통신연구원, 광운대학교, 경희대학교에서 공동 개발한 단방향 4x4 화면내 예측 (Unidirectional 4x4 Intra Prediction)은 Intra 16x16 매크로블록 타입을 부호화할 때, 4x4 블록들이 모두 동일한 방향성을 가지도록 부호화하게 하고 매크로블록 내에서 이전에 복원된 4x4 블록의 픽셀을 차후에 매크로블록 내에서 부호화하는 4x4 블록의 예측 블록으로 사용하여 부호화 성능 향상을 얻을 수 있었다[17]. 이와 같이 ITU-T VCEG에서는 여러 화면내 예측 알고리즘들이 제안되었으나, 그 성능이 미미하여 현재 ITU-T VCEG의 KTA 소프트웨어에 통합되지 못하였다. 다만, 화면내 부호화를 위한 변환 방식은 미국 Qualcomm에서 개발한 MDDT (Mode-Dependent Directional Transform)가 KTA에 통합되어 있다. MDDT는 화면내 예측 방법의 방향성에 따라 Karhunen–Loève transform (KLT)에 기반한 변환 방법 및 양자화된 변환 계수 (Quantized Transformed Coefficient) 주사 방법이다[18].

## III. 화면내 예측 오프셋 보상

### 1. 화면내 예측 오프셋 보상 방법

본 논문에서는 H.264/AVC에서 화면내 매크로블록을 부호화할 때 사용하는 화면내 예측 방법의 성능 향상을 위해서 화면내 예측 후에 생성되는 예측 블록에 임의의 정수를 더하여, 생성되는 잔여 블록의 전체 에너지를 줄이는 화면내 예측 오프셋 보상 방법을 제안한다. 기존 H.264/AVC의 화면내 예측 방법은 예측 방향이 한정되어 있기 때문에 제안하는 방법을 통해 기존 화면내 예측 방법의 부호화 효율을 추가적으로 향상시킬 수 있다. 부호화기에서 제안하는 방법의 전체적인 부호화 과정은 그림 2와 같다. 화면내 예측 오프셋 보상은 화면내 매크로블록에만 적용되기 때문에, 화면간 부호화, 루프 필터 (Loop Filter)와 같이 제안하는 방법에 직접적으로 관련되지 않은 내용은 편의상 그림에 표시하지 않았다. 그림 2에서 입력 영상에 대해 화면내 예

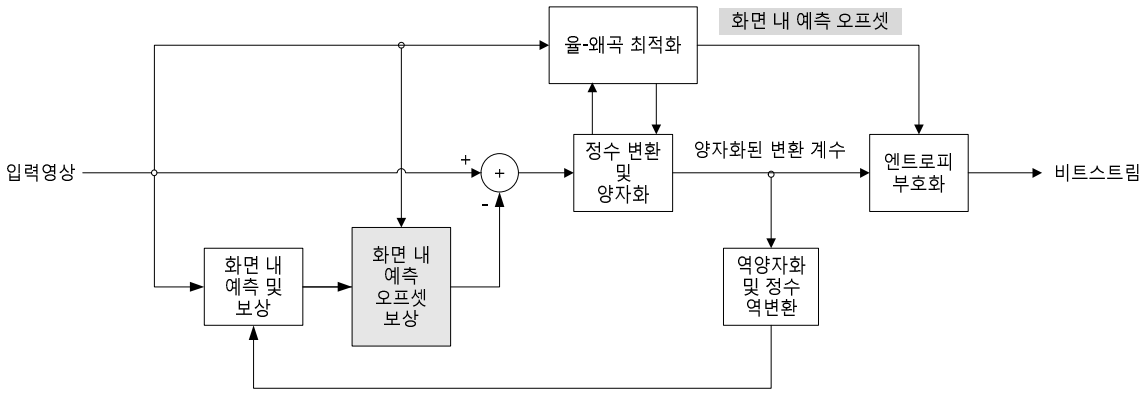



그림 2. 부호화기에서의 화면내 예측 오프셋 보상
Fig. 2. Intra prediction offset compensation in encoder

측을 수행하고, 화면내 예측 오프셋 보상을 수행하게 된다. 이 때, 화면내 예측 오프셋 보상에 사용되는 오프셋은 율-왜곡 최적화를 통해서 최적의 율-왜곡 비용을 갖는 값이 선택되며 엔트로피 부호화를 통해서 부호화된다. 화면내 예측 오프셋 보상된 잔여 블록은 정수 변환 및 양자화를 거쳐서 엔트로피 부호화되며, 양자화된 변환 계수는 역양자화 (Dequantization) 및 정수 역변환 (Inverse Integer Transform)을 통해서 화면내 예측 보상된 예측 블록과 합해져서 복원된 블록으로 완성되며 추후에 부호화될 블록의 예측 블록으로 참조될 수 있다.

복호화기는 부호화기와 반대로 화면내 예측 오프셋 보상 방법이 수행되며, 복호화기는 그림 3과 같다.

엔트로피 복호화를 통해서 양자화된 변환 계수를 역양자화 및 정수 역변환을 통해서 잔여 블록으로 생성하고, 복호화된 화면내 예측 오프셋은 화면내 예측 오프셋 보상 블록에서 화면내 보상 블록으로 전송하여, 생성된 예측 블록에 오프셋 값이 보상되어 오프셋 보상된 예측 블록을 생성한다. 이 때, 잔여 블록과 오프셋 보상된 예측 블록을 합쳐서 복원된 블록을 생성한다. 이처럼 제안하는 화면내 예측 보상 방법은 부호화기 및 복호화기에서 간단하게 구현 가능하며, 복호화기에서 계산 복잡도를 크게 증가시키지 않는다는 장점이 있다.

보다 자세하게 화면내 예측 오프셋 보상 과정을 살펴 보기 위해 화면내 예측 오프셋 보상이 수행되는 연산을 다음 식 (1)과 같이 표현할 수 있다.

$$pred_block_{offset}(x,y) = pred_block(x,y) + \alpha \qquad (1)$$

여기서, $pred_block_{offset}$ 은 오프셋 보상된 예측 블록이고, $pred_block$ 은 H.264/AVC의 화면내 예측을 통해서, 인접한 복원된 블록의 픽셀로부터 생성된 예측 블록이고, $\alpha$ 는 정수 형태의 오프셋 값, $x$ 와 $y$ 는 블록 내의 위치를 나타낸다. 식 (1)을 통해서 알 수 있듯이 화면내 예측 오프셋 보상 방법은 화면내 매크로블록 타입과 관계 없이 Intra 16x16, Intra 8x8, Intra 4x4 매크로블록 타입에 모두 적용 가능하다. Intra 4x4의 경우 16x16 블록 내의 16개의 4x4 블록에서 오프셋 보상된 예측 블록을 생성 시 모두 동일한 오프셋을 이용한다. Intra 8x8의 경우 역시 4개의 8x8 블록에서 4개 블록 모두 동일한 오프셋을 이용하여 오프셋 보상된 예측 블록을 생성한다.

제안하는 화면내 예측 오프셋에서는 공간 영역 (Spatial Domain)에서 예측 블록 전체에 오프셋 값이 영향을 미치므로 그림 4와 같은 주파수 영역 (Frequency Domain)의 DC 성분에 대한 오프셋 보상과 유사한 의미를 가진다. 잔여 신호를 변환 (Transform)한 뒤 생성되는 DC 성분과 DC 성분에 대해 거친 (Coarse) 양자화 및 역양자화를 수행한 뒤 얻어지는 복원된 DC 성분의 차이가 DC 성분의 오프셋이 된다. 이 DC 성분의 오프셋은 공간 영역에서의 오프셋과 동

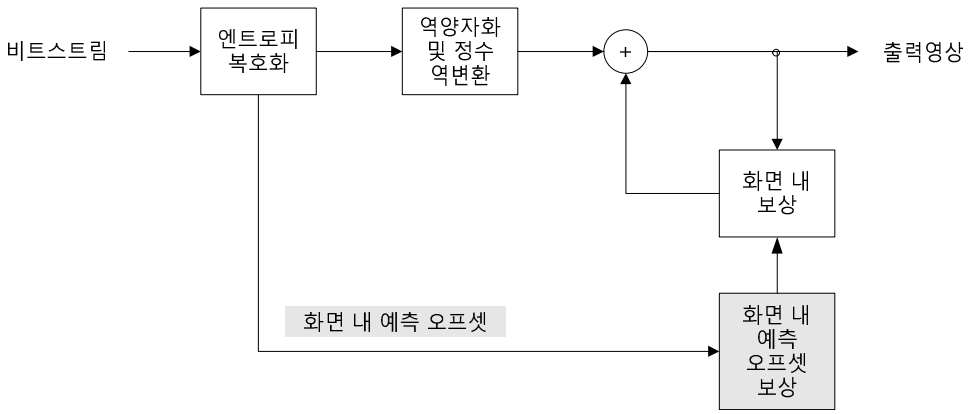



그림 3. 복호화기에서의 화면내 예측 오프셋 보상
Fig. 3. Intra prediction offset compensation in decoder

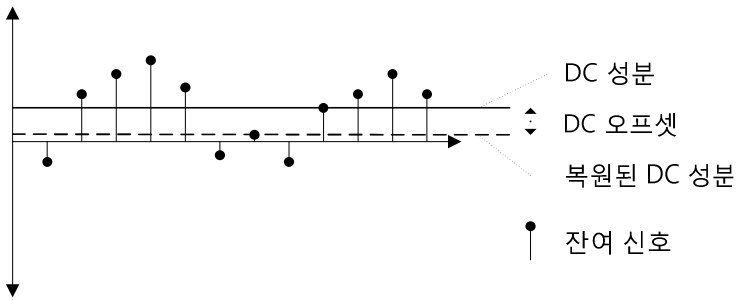



그림 4. 잔여 신호와 DC 성분의 오프셋
Fig. 4. Residual signal and offset for DC component

일한 역할을 수행한다. 하지만 주파수 영역에서의 DC 성분은 변환이 수행되었기 때문에 동적 범위 (Dynamic Range)가 공간 영역과 비교하여 커지게 되며 이러한 DC 성분의 오프셋 또한 값이 범위가 커지게 되어 효율적으로 오프셋 값을 표현하기 어려운 단점이 있다.

## 2. 율-왜곡 최적화를 통한 화면내 예측 오프셋 선택 방법

H.264/AVC에서는 부호화 성능을 향상하기 위해서 영상을 부호화할 때 주어진 비트율에서 영상의 화질을 나타내는 왜곡을 최적화하는 율-왜곡 최적화를 사용할 수 있다. 제안하는 화면내 예측 오프셋 방법을 사용하여 부호화 성능을 극대화하기 위해서는 현재 부호화하는 블록에 알맞은 오프셋 값을 율-왜곡 최적화를 통해서 결정해야 한다.

아래의 식 (2)를 통해 화면내 예측 매크로블록 타입에서 16x16 블록 단위로 최적의 율-왜곡 비용을 가지는 정수 값이 최적의 오프셋으로 선택된다.

$$J(s,c,\alpha \mid QP,\lambda_{INTRA}) = SSD(s,c,\alpha \mid QP) + \lambda_{INTRA} \cdot R(s,c,\alpha \mid QP) \quad (2)$$

여기서, $s$ 와 $c$ 는 각각 현재 부호화하는 매크로블록 단위의 원 영상 블록과 오프셋 $\alpha$ 를 통해서 복원된 블록을 나타낸다. $QP$ 는 현재 부호화하는 블록에 사용되는 양자화 매개변수 (Quantization Parameter)를 나타내며, $\lambda_{INTRA}$ 는 화면내 부호화에 사용되는 라그랑지 승수 (Lagrange Multiplier)을 나타내고 식 (3)을 통해 계산된다.

$$\lambda_{INTRA} = 0.85 \times 2^{(QP-12)/3} \quad (3)$$

$SSD(s,c,\alpha \mid QP)$ 는 원 영상 블록과 오프셋을 통해서 복원된 블록의 왜곡인 제곱 차이 합 (Sum of Squared Difference)를 나타내며, 아래 식 (4)를 통해서 계산된다.

$$\begin{aligned} SSD(s,c,\alpha \mid QP) = & \sum_{x=1,y=1}^{16,16} \left(s_Y[x,y] - c_Y[x,y,\alpha \mid QP]\right)^2 \\ & + \sum_{x=1,y=1}^{8,8} \left(s_U[x,y] - c_U[x,y,\alpha \mid QP]\right)^2 \quad (4) \\ & + \sum_{x=1,y=1}^{8,8} \left(s_V[x,y] - c_V[x,y,\alpha \mid QP]\right)^2 \end{aligned}$$

식 (4)에서 $s_Y$, $s_U$, $s_V$ 는 원 영상 블록의 휘도, 색차 U, V 성분을 나타내며, $c_Y$, $c_U$, $c_V$ 은 복원된 블록의 휘도, 색차 U, V 성분들을 나타낸다.

$R(s,c,\alpha \mid QP)$ 는 해당 매크로블록 타입, 화면내 예측 모드, 화면내 예측 오프셋 $\alpha$, 차분 양자화 매개변수, 양자화된 변환 계수를 포함하는 매크로블록 계층 (Layer)을 부호화하는데 필요한 비트율이다. H.264/AVC의 엔트로피 부호화 중 UVLC (Universal Variable Length Coding)가 사용될 경우에 오프셋은 표 2와 같이 Signed Exponential-Golomb Code로 부호화되며, CABAC (Context-based Adaptive Binary Arithmetic Coding)이 사용될 경우에는 H.264/AVC의 매크로블록 헤더 (Header)에 존재하여 현재 부호화하는 매크로블록의 양자화 매개변수를 알려주는 mb_qp_delta와 동일한 이진화 (Binarization)와 동일한 문맥 모델 (Context Model)을 사용하여 부호화된다. mb_qp_delta와 동일한 이진화 방법과 문맥 모델을 사용하는 이유

표 2. 화면내 예측 오프셋의 UVLC 부호화
Table 2. UVLC for intra prediction offset

| 오프셋 값 | 비트열 |
|---|---|
| 0 | 1 |
| 1 | 010 |
| -1 | 011 |
| 2 | 00100 |
| -2 | 00101 |
| 3 | 00110 |
| -3 | 00111 |
| 4 | 0001000 |
| -4 | 0001001 |
| … | … |

는 새로운 문맥 모델 및 이진화 방법을 추가하지 않고 화면내 예측 오프셋을 부호화할 수 있으며, 매크로블록 당 하나씩 전송된다는 것과 0을 중심으로 가우시안 (Guassian) 확률 분포를 갖는 것이 동일하기 때문이다.

## 3. 화면내 예측 오프셋 보상 성능 향상 방법

일반적으로 영상 부호화에서는 인간 시각 체계 (Human Visual System)에 따라 사람의 눈은 색차 성분보다 휘도 성분에 더 민감하게 반응하고, 색차 성분은 휘도 성분보다 영상 상관성이 높아 적은 양의 비트로 부호화 가능하다. 제안하는 화면내 예측 오프셋 보상 방법은 기본적으로 휘도 성분에 대해서만 적용하였으나, 율-왜곡 최적화 단계에서 왜곡 계산 시 휘도 성분뿐만 아니라 색차 성분을 함께 고려하기 때문에 휘도 성분과 색차 성분 모두에 대해서 영상의 왜곡이 감소하는 효과를 얻을 수 있다. 제안하는 방법을 사용하면 휘도 성분에서 절약된 일부 비트량이 색차 성분의 부호화에 할당되어 색차 성분의 화질 향상을 이끌어 낸다. 만약 색차 성분의 화질 향상을 제한 시킨다면, 보다 많은 비트율 이득을 얻을 수 있다. 이를 위한 색차 성분을 위한 계수 임계 방법을 제안한다.

H.264/AVC의 참조 소프트웨어인 JM (Joint Model)[19]은 표준에는 정의되어 있지 않지만 부호화기 측면에서 부호화 효율 향상을 위해 화면간 매크로블록에 계수 임계 (Coefficient Thresholding)을 이용한다. 양자화된 변환 계수에 비용 계산 방법을 사용하여 화면간 8x8 블록 내의 비용 총합이 4보다 작을 경우 8x8 블록 내의 모든 양자화된 변환 계수를 0으로 하여, 고주파수 (High-Frequency) 성분의 양자화된 변환 계수를 부호화하는데 필요한 비트수를 줄인다. 이에 대해 그림 5와 함께 설명하면, 화면간 4x4 블록 내의 절대값이 1인 양자화된 변환 계수는 그림 5 (a)에 나타나 있는 것과 같이 앞서 발생한 값이 0인 양자화된 변환 계수들의 합인 Run의 개수에 따라 정해져 있는 비용을 통해서 총합이 계산되며, 8x8 블록 단위로 전체 비용을 추가로 계산한 후, 전체 비용이 특정 임계치보다 작을 경우 8x8 블록에 존재하는 모든 양자화된 변환 계수를 0으로 치환하며 부호화 블록 패턴 (Coded Block Pattern)을 0으로 결정한다.

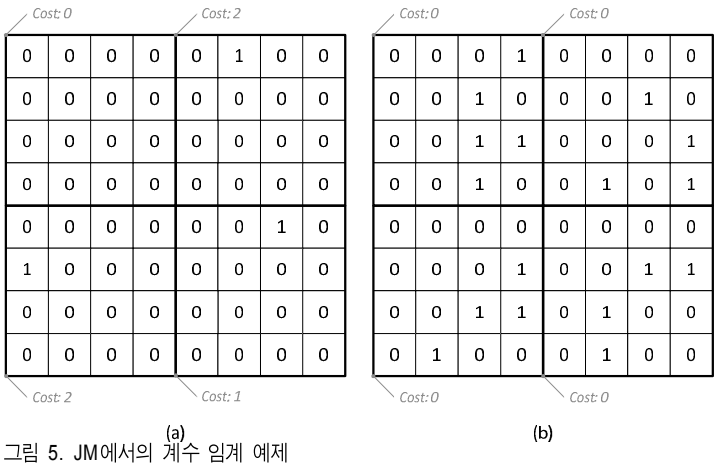



그림 5. JM에서의 계수 임계 예제
Fig. 5. Example of coefficient threshold in JM

이 때, 어느 하나의 양자화된 변환 계수의 절대값이 1보다 클 경우에는 절대값이 1보다 큰 계수에 대한 비용으로 해당 4x4 블록과 8x8 블록 크게는 매크로블록 단위 내의 양자화된 변환 계수 전체가 0이 되지 않게 임의의 큰 수를 사용한다. 추가로 매크로블록 단위로 4개의 8x8 블록 단위의 비용 총합이 특정 임계치보다 높지 않을 경우에는, 해당 매크로블록의 양자화된 변환 계수를 전부 0으로 치환하고 각각의 8x8 블록에 대한 부호화 블록 패턴을 0으로 결정한다. JM 에서는 8x8 블록 단위에서의 임계치를 고정된 상수인 4를 사용하고, 매크로블록 단위에서의 임계치는 고정된 상수 5를 사용한다. 그림 5 (b)와 그림 5 (c)는 JM에서의 계수 임계를 바탕으로 한 예제이다. 그림 5 (b)에서 8x8 블록은 계수들의 전체 비용 합이 5이므로, 전체 계수들이 0으로 치환되지 않으며, 그림 5 (c)에서의 8x8 블록 계수들의 전체 비용 합은 0이 되기 때문에, 전체 계수들은 0으로 치환되며 해당 8x8 블록의 부호화 블록 패턴 역시 0으로 된다.

제안하는 화면내 예측 오프셋 방법에서는 언급된 계수 임계 방법을 화면내 색차 성분에 적용하였으며, 임계치를 임의의 정수의 구간에서 III. B에서 언급한 율-왜곡 최적화에서 함께 고려하여 전체적인 부호화 성능 향상을 얻을 수 있다. 임계치의 구간으로는 상수 4에서 8로 정하였으며, 각 매크로블록마다 임계치를 다르게 선택할 수 있게 하여 최적의 율-왜곡 비용을 보이는 임계치를 사용한다. 계수 임계를 통한 색차 성분의 주관적 화질 저하는 인간 시각 체계에서 비중이 높지 않고 미미한 수준이지만, 제안하는 방법의 객관적 부호화 성능을 향상시킬 수 있다는 장점이 있다.

## IV. 실험 결과

### 1. 실험 조건

제안하는 방법의 부호화 성능 향상을 비교하기 위해서 JM 11.0 소프트웨어를 사용하였으며, 표 3은 실험에 사용된 실험 조건을 나타낸다.

표 3. 실험 조건
Table 3. Experiment condition

| Profile | Baseline Profile | High Profile |
|---|---|---|
| GOP Structure | Intra Only | Intra Only |
| Total Encoded Frame | 30 | 30 |
| Frame Skip | 1 | 1 |
| Quantization Parameter | 22, 27, 32, 37 | 22, 27, 32, 37 |
| Rate-Distortion Optimization | On | On |
| Entropy Coding | UVLC+CAVLC | CABAC |
| Intra 8x8 Prediction, 8x8 Integer Transform | Off | On |

Baseline Profile과 High Profile에 대해 모두 실험을 진행하였으며 그에 따라 엔트로피 부호화 방법 및 Intra 8x8 매크로블록 타입과 8x8 정수 변환의 사용 유무를 결정하였다. 화면내 프레임만을 사용하기 때문에 영상의 전체 프레임을 부호화하는 것과 적은 양의 프레임을 사용하는 것과는 부호화 성능 측면에서 큰 차이가 발생하지 않는다. 따라서, 부호화에 사용된 전체 프레임 수는 30장으로 한정하였으며, 대신 다양한 장면을 포함하기 위해 부호화 시 매 1장씩을 건너뛰며 부호화하였다. 다양한 해상도에서 제안하는 방법의 성능 향상을 비교하기 위해서, QCIF (Quarter Common Intermediate Format), CIF, 4CIF, 720p 영상을 사용하였다. 또한, H.264/AVC의 Intra 16x16에서는 부호화 성능 향상을 위해 4x4 블록 단위로 정수 변환을 수행한 뒤 생성되는 DC 성분을 모아 4x4 하다마드 변환 (Hadamard Transform)을 수행하는데, 하다마드 변환을 이용하면 DC 성분들간의 상관성이 줄어들어 보다 효율적으로 부호화가 가능하다. 따라서, 본 논문에서 제안하는 화면내 예측 오프셋 보상 방법은 Intra 16x16을 제외하고, Intra 4x4와 Intra 8x8 매크로블록에 대해서만 적용하고 기존의 Intra 16x16은 수정하지 않은 채 실험을 진행하였다. 마지막으로 제안하는 화면내 예측 오프셋 보상 방법에서 사용되는 오프셋 값의 구간은 -8 ~ +8로 결정하였다.

### 2. 화면내 예측 오프셋 보상의 성능

제안하는 화면내 예측 오프셋 보상 방법을 JM 11.0에 구현하고, JM 11.0에서 사용하는 기존 H.264/AVC의 화면내

예측과 비교 실험하였다. 다양한 해상도 및 비트율에서 제안하는 방법의 성능을 나타내기 위해서 QCIF, CIF, 4CIF, 720p 해상도를 갖는 영상 12개와 양자화 매개변수로 22, 27, 32, 37를 사용하여 실험 결과를 나타내었다. 각 알고리즘의 성능을 비교하기 위해 [20]에서 제안된 BD-RATE를 이용하였고, 이하의 비트율 절감 (Bitrate Reduction)은 기준 (Anchor) 실험 결과인 JM 11.0의 결과와 제안된 방법 간의 BD-RATE를 의미한다.

표 4. Baseline Profile에서 JM 11.0과 제안하는 방법의 비교 실험 결과
Table 4. Experimental result of JM 11.0 and proposed method in baseline profile

| Sequence | | QP | JM 11.0 | | JM 11.0 + IPOC | | | JM 11.0 + IPOC + CT | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Bitrate (kbps) | PSNR Y (dB) | Bitrate (kbps) | PSNR Y (dB) | BD-RATE (%) | Bitrate (kbps) | PSNR Y (dB) | BD-RATE (%) |
| QCIF | Container | 22 | 640.64 | 41.77 | 638.49 | 41.82 | -1.43 | 635.84 | 41.82 | -2.50 |
| | | 27 | 413.82 | 37.97 | 411.6 | 38.03 | | 408.17 | 38.03 | |
| | | 32 | 262.68 | 34.45 | 260.78 | 34.53 | | 257.27 | 34.53 | |
| | | 37 | 162.7 | 31.03 | 161.86 | 31.1 | | 158.85 | 31.1 | |
| | Silent | 22 | 725.55 | 41.37 | 720.22 | 41.44 | -2.43 | 716.97 | 41.44 | -3.85 |
| | | 27 | 444.18 | 37.2 | 438.34 | 37.28 | | 430.77 | 37.28 | |
| | | 32 | 260.96 | 33.63 | 256.84 | 33.7 | | 252.86 | 33.71 | |
| | | 37 | 153.36 | 30.56 | 151.32 | 30.66 | | 149.95 | 30.66 | |
| | Hall | 22 | 557.4 | 42.33 | 547.78 | 42.38 | -3.26 | 540.76 | 42.38 | -4.41 |
| | | 27 | 371.03 | 38.88 | 363.21 | 38.98 | | 358.94 | 38.98 | |
| | | 32 | 243.65 | 35.16 | 237.93 | 35.27 | | 234.66 | 35.27 | |
| | | 37 | 157.94 | 31.54 | 155.14 | 31.66 | | 154.46 | 31.67 | |
| | Average | | | | | | -2.37 | | | -3.59 |
| CIF | Paris | 22 | 3300.07 | 41.65 | 3287.38 | 41.71 | -1.39 | 3274.28 | 41.71 | -2.37 |
| | | 27 | 2247.48 | 37.52 | 2235.04 | 37.6 | | 2217.6 | 37.6 | |
| | | 32 | 1469.51 | 33.56 | 1461.92 | 33.64 | | 1443.86 | 33.64 | |
| | | 37 | 936.39 | 29.95 | 930.45 | 30.05 | | 915.57 | 30.05 | |
| | Foreman | 22 | 1936.24 | 41.72 | 1921.03 | 41.76 | -2.50 | 1903.88 | 41.77 | -3.29 |
| | | 27 | 1128.67 | 38.23 | 1114.74 | 38.29 | | 1104.98 | 38.29 | |
| | | 32 | 661.74 | 35.16 | 652.11 | 35.25 | | 648.06 | 35.25 | |
| | | 37 | 404.29 | 32.38 | 398.55 | 32.5 | | 395.52 | 32.5 | |
| | M&C | 22 | 4998.14 | 41.17 | 4989.08 | 41.24 | -1.06 | 4979.09 | 41.24 | -1.58 |
| | | 27 | 3534.88 | 36.53 | 3527.4 | 36.63 | | 3512.45 | 36.63 | |
| | | 32 | 2392.95 | 32.14 | 2386.64 | 32.23 | | 2371.98 | 32.23 | |
| | | 37 | 1543.41 | 28.16 | 1538.56 | 28.25 | | 1523.46 | 28.25 | |
| | Average | | | | | | -1.65 | | | -2.41 |
| 4CIF | City | 22 | 10087.5 | 41.35 | 10038.09 | 41.41 | -1.68 | 9959.13 | 41.41 | -2.01 |
| | | 27 | 6363.62 | 37.29 | 6320.8 | 37.36 | | 6295.37 | 37.36 | |
| | | 32 | 3810.27 | 33.65 | 3778.24 | 33.72 | | 3769.83 | 33.72 | |
| | | 37 | 2235.45 | 30.47 | 2214.27 | 30.54 | | 2212.03 | 30.53 | |
| | Crew | 22 | 5304.09 | 42.31 | 5267.43 | 42.34 | -2.11 | 5208.32 | 42.34 | -3.36 |
| | | 27 | 2788.23 | 39.22 | 2757.12 | 39.26 | | 2726.33 | 39.26 | |
| | | 32 | 1564.1 | 36.68 | 1545.02 | 36.74 | | 1523.35 | 36.74 | |
| | | 37 | 926.08 | 34.3 | 916.74 | 34.37 | | 901.28 | 34.37 | |
| | Harbour | 22 | 9515.79 | 41.39 | 9477.6 | 41.45 | -1.84 | 9390.29 | 41.45 | -2.29 |
| | | 27 | 6097.88 | 37.58 | 6060.83 | 37.66 | | 6027.16 | 37.66 | |
| | | 32 | 3804.7 | 34.04 | 3773.15 | 34.14 | | 3762.36 | 34.14 | |
| | | 37 | 2375.19 | 30.81 | 2351.82 | 30.91 | | 2348.55 | 30.91 | |
| | Average | | | | | | -1.88 | | | -2.55 |
| 720p | BigShips | 22 | 34294.27 | 41.71 | 34059.5 | 41.75 | -1.86 | 33650.44 | 41.75 | -3.15 |
| | | 27 | 19600.02 | 38.07 | 19404.62 | 38.11 | | 19138.58 | 38.11 | |
| | | 32 | 10933.27 | 34.97 | 10822.26 | 35.03 | | 10677.83 | 35.03 | |
| | | 37 | 6027.82 | 32.32 | 5968.78 | 32.38 | | 5898.58 | 32.38 | |
| | Night | 22 | 35495.09 | 42.64 | 35252.3 | 42.69 | -2.04 | 34913.08 | 42.69 | -3.40 |
| | | 27 | 22216.09 | 38.95 | 21999.61 | 39.02 | | 21733.78 | 39.03 | |
| | | 32 | 13752.5 | 35.56 | 13607.76 | 35.65 | | 13406.3 | 35.65 | |
| | | 37 | 8582 | 32.43 | 8497.74 | 32.53 | | 8349.7 | 32.53 | |
| | Raven | 22 | 18267.94 | 44.23 | 17981.52 | 44.3 | -2.77 | 17669.01 | 44.3 | -3.48 |
| | | 27 | 10544.11 | 41.25 | 10346.01 | 41.31 | | 10250.74 | 41.31 | |
| | | 32 | 6073.25 | 38.34 | 5997.29 | 38.42 | | 5974.4 | 38.42 | |
| | | 37 | 3522.83 | 35.66 | 3497.06 | 35.72 | | 3492.42 | 35.72 | |
| | Average | | | | | | -2.22 | | | -3.34 |
| Total Average | | | | | | | -2.03 | | | -2.97 |

기존 방법 대비 제안하는 방법의 성능이 향상될 경우, BD-RATE가 음수의 값을 가진다. 표 4는 H.264/AVC의 Baseline Profile에서 엔트로피 부호화는 UVLC + CAVLC 방법을 사용하고, Intra 8x8 매크로블록 타입과 8x8 정수 변환을 사용하지 않았을 때의 실험 결과를 나타낸다. 표 4와 5에서 JM 11.0은 기존의 H.264/AVC의 화면내 예측 방법, JM 11.0 + IPOC (Intra Prediction Offset Compensation; 화면내 예측 오프셋 보상)는 제안하는 방법, JM 11.0 + IPOC + CT (Chroma Thresholding, 색차 임계)는 제안하는 화면내 예측 오프셋 보상 방법과 III.C의 색차 임계 방법을 함께 적용한 결과이다. 화면내 예측 오프셋 보상 방법을 사용했을 경우 Baseline Profile에서 모든 영상에서 평균 2.03%의 비트율 절감을 얻을 수 있었으며, 임계 처리 방법을 추가로 사용했을 경우 평균 2.97%의 비트율 절감을 얻을 수 있었다. 또한 제안하는 방법들을 적용했을 때 모든 해상도의 영상들에서 성능의 저하 없이 최소 1% 이상의 비트율 절감을 보이는 것을 알 수 있다.

Baseline Profile에서 제안하는 방법에 대해 색차 성분에 대한 임계 처리 방법을 사용했을 경우의 화질 저하를 표 6에 정리하였다. JM 11.0의 색차 성분 PSNR (Peak Signal-

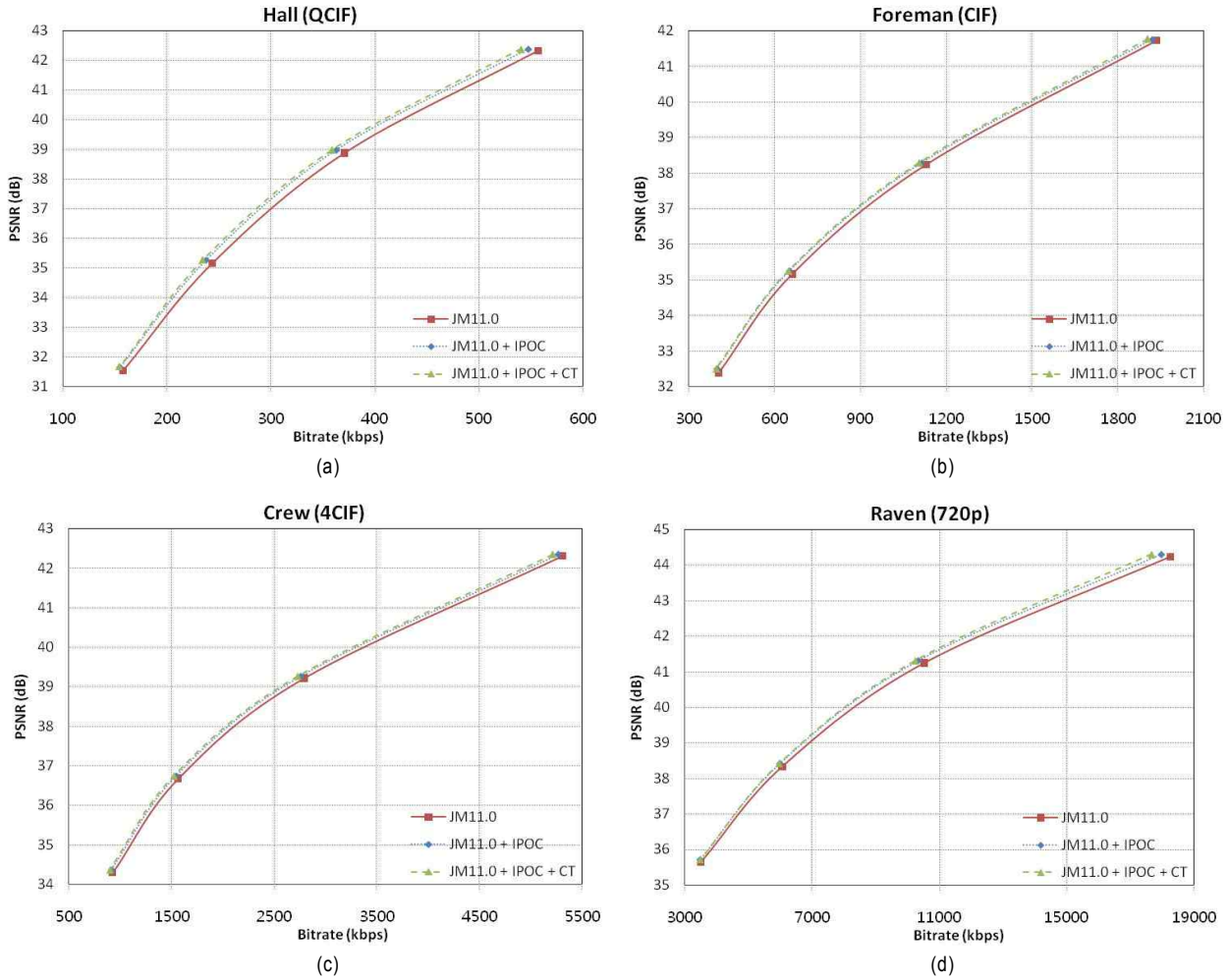



그림 6. Baseline Profile에서 JM 11.0과 제안하는 방법의 율-왜곡 곡선
Fig. 6. Rate-distortion curves of JM 11.0 and proposed method in baseline profile

to-Noise Ratio)과 비교하여 제안하는 방법인 JM 11.0 + IPOC와 JM 11.0 + IPOC + CT의 색차 성분 PSNR을 비교하였다. JM 11.0 + IPOC의 경우 U와 V 성분 각각 약 0.14dB, 0.16dB의 화질 저하가 발생한다. JM 11.0 + IPOC + CT와 JM 11.0 + IPOC의 색차 성분 화질 열화를 비교할 경우 U와 V 성분 평균 약 0.4dB 정도의 화질 저하가 발생하는 것을 알 수 있다. 이러한 색차 성분의 화질은 휘도 신호에 대비하여 상대적으로 객관적인 화질 저하가 크게 나

표 5. High Profile에서 JM 11.0과 제안하는 방법의 비교 실험 결과
Table 5. Experimental result of JM 11.0 and proposed method in high profile

| Sequence | | QP | JM 11.0 | | JM 11.0 + IPOC | | | JM 11.0 + IPOC + CT | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Bitrate (kbps) | PSNR Y (dB) | Bitrate (kbps) | PSNR Y (dB) | BD-RATE (%) | Bitrate (kbps) | PSNR Y (dB) | BD-RATE (%) |
| QCIF | Container | 22 | 619.22 | 41.76 | 617.71 | 41.8 | -1.78 | 615 | 41.79 | -2.78 |
| | | 27 | 397.65 | 37.94 | 394.73 | 38 | | 391.58 | 38 | |
| | | 32 | 248.09 | 34.37 | 245.09 | 34.46 | | 242.01 | 34.46 | |
| | | 37 | 149.81 | 30.97 | 148.39 | 31.04 | | 145.77 | 31.04 | |
| | Silent | 22 | 699.74 | 41.38 | 697.24 | 41.44 | -1.62 | 693.55 | 41.44 | -3.20 |
| | | 27 | 429.11 | 37.37 | 425.31 | 37.42 | | 417.47 | 37.43 | |
| | | 32 | 239.55 | 33.63 | 237.48 | 33.7 | | 233.92 | 33.71 | |
| | | 37 | 133.4 | 30.62 | 133.61 | 30.69 | | 132.63 | 30.71 | |
| | Hall | 22 | 546.76 | 42.31 | 541.08 | 42.37 | -2.69 | 534.22 | 42.37 | -3.79 |
| | | 27 | 360.49 | 38.85 | 354.94 | 38.94 | | 350.9 | 38.94 | |
| | | 32 | 234.91 | 35.13 | 231.7 | 35.28 | | 228.38 | 35.27 | |
| | | 37 | 147.49 | 31.54 | 146.13 | 31.66 | | 145.59 | 31.66 | |
| | Average | | | | | | -2.03 | | | -3.26 |
| CIF | Paris | 22 | 3223.95 | 41.62 | 3213.6 | 41.67 | -1.37 | 3200.36 | 41.67 | -2.43 |
| | | 27 | 2169.23 | 37.5 | 2156.5 | 37.57 | | 2139.78 | 37.58 | |
| | | 32 | 1387.07 | 33.5 | 1379.72 | 33.58 | | 1361.52 | 33.58 | |
| | | 37 | 859.33 | 29.9 | 854.36 | 29.99 | | 839.26 | 29.99 | |
| | Foreman | 22 | 1843.19 | 41.72 | 1833.41 | 41.77 | -2.05 | 1817.72 | 41.76 | -2.95 |
| | | 27 | 1041.06 | 38.24 | 1032.15 | 38.3 | | 1021.88 | 38.31 | |
| | | 32 | 577.25 | 35.13 | 572.2 | 35.22 | | 568.48 | 35.22 | |
| | | 37 | 331.88 | 32.38 | 331.56 | 32.47 | | 328.44 | 32.47 | |
| | M&C | 22 | 4907.64 | 41.13 | 4899.73 | 41.19 | -0.93 | 4889.3 | 41.2 | -1.51 |
| | | 27 | 3443.68 | 36.55 | 3438.89 | 36.63 | | 3421.98 | 36.63 | |
| | | 32 | 2292.22 | 32.11 | 2288.36 | 32.2 | | 2273.12 | 32.2 | |
| | | 37 | 1462.94 | 28.18 | 1459.18 | 28.26 | | 1443.57 | 28.26 | |
| | Average | | | | | | -1.45 | | | -2.30 |
| 4CIF | City | 22 | 9334.82 | 41.5 | 9319.38 | 41.52 | -0.80 | 9243.43 | 41.52 | -1.17 |
| | | 27 | 5891.7 | 37.65 | 5886.59 | 37.71 | | 5857.99 | 37.7 | |
| | | 32 | 3377.91 | 33.89 | 3381.47 | 33.95 | | 3374.04 | 33.95 | |
| | | 37 | 1883.1 | 30.77 | 1888.46 | 30.82 | | 1886.3 | 30.83 | |
| | Crew | 22 | 4915.7 | 42.51 | 4900.17 | 42.52 | -1.11 | 4839.18 | 42.52 | -2.47 |
| | | 27 | 2514.38 | 39.47 | 2497.52 | 39.49 | | 2468.22 | 39.49 | |
| | | 32 | 1293.88 | 36.88 | 1289.14 | 36.92 | | 1268.58 | 36.92 | |
| | | 37 | 719.84 | 34.56 | 721.91 | 34.61 | | 707.9 | 34.6 | |
| | Harbour | 22 | 8660.56 | 41.55 | 8651.42 | 41.57 | -0.72 | 8566.76 | 41.57 | -1.25 |
| | | 27 | 5418.91 | 38 | 5426.2 | 38.07 | | 5390.4 | 38.07 | |
| | | 32 | 3214.76 | 34.48 | 3231.78 | 34.56 | | 3221.02 | 34.56 | |
| | | 37 | 1935.94 | 31.42 | 1943.5 | 31.48 | | 1939.96 | 31.48 | |
| | Average | | | | | | -0.88 | | | -1.63 |
| 720p | BigShips | 22 | 32034.48 | 41.78 | 31935.74 | 41.81 | -1.16 | 31535.77 | 41.81 | -2.48 |
| | | 27 | 17801.99 | 38.24 | 17721.32 | 38.28 | | 17475.07 | 38.28 | |
| | | 32 | 9130.82 | 35.07 | 9130.1 | 35.13 | | 9011.26 | 35.13 | |
| | | 37 | 4649.17 | 32.47 | 4660.74 | 32.51 | | 4602.5 | 32.51 | |
| | Night | 22 | 33388.34 | 42.91 | 33274.76 | 42.93 | -1.27 | 32915.05 | 42.93 | -2.67 |
| | | 27 | 20720.74 | 39.29 | 20612.24 | 39.34 | | 20344.57 | 39.34 | |
| | | 32 | 12275.97 | 35.75 | 12236.82 | 35.83 | | 12050.45 | 35.83 | |
| | | 37 | 7321.86 | 32.64 | 7313.25 | 32.71 | | 7173.58 | 32.71 | |
| | Raven | 22 | 15628.88 | 44.66 | 15520.58 | 44.69 | -1.74 | 15221.65 | 44.69 | -2.65 |
| | | 27 | 8854.63 | 41.84 | 8796.01 | 41.9 | | 8698.98 | 41.9 | |
| | | 32 | 4842.99 | 38.84 | 4798.18 | 38.89 | | 4776.52 | 38.9 | |
| | | 37 | 2690.7 | 36.11 | 2677.34 | 36.14 | | 2669.86 | 36.14 | |
| | Average | | | | | | -1.39 | | | -2.60 |
| Total Average | | | | | | | -1.44 | | | -2.45 |

타나지만, 색차 성분은 휘도 신호와 비교하여 인간 눈에 크게 민감하지 않으며 색차 성분의 화질 열화를 통해 휘도 신호의 화질을 조금 더 높일 수 있음을 알 수 있다.

그림 5는 각 해상도 별로 4개의 영상에 대한 JM 11.0, JM 11.0 + IPOC 및 JM 11.0 + IPOC + CT 방식의 휘도 성분 율-왜곡 곡선 (R-D Curve) 결과이다. 세로 및 가로 축은 왜곡을 통해 영상의 객관적 화질을 나타내는 PSNR 및 부호화된 비트스트림 (Bitstream)의 비트율을 각각 나타낸다. 그림의 각 율-왜곡 곡선을 통해서 확인할 수 있듯이 제안하는 방법은 다양한 해상도뿐만 아니라 다양한 비트율 환경에서도 우수한 부호화 성능 향상을 가져오는 것을 확인할 수 있다.

표 5는 High Profile에서 엔트로피 부호화는 CABAC 방법을 사용하고 Intra 8x8 매크로블록 타입과 8x8 정수 변환을 사용했을 때의 실험 결과이다. 전체적으로 Baseline Profile보다 비트율 절감의 수치는 작지만, 전체 영상에서 전반적인 비트율 절감을 얻을 수 있었으며 Hall 영상에서 최대 3.79%의 비트율 절감을 얻을 수 있다. JM 11.0 + IPOC 결과와 JM 11.0 + IPOC + CT의 결과에서 모두 QCIF 영상에서의 비트율 절감이 가장 큰 것을 확인할 수 있다.

그림 6은 그림 5와 같이 각 해상도 별로 4개의 영상에

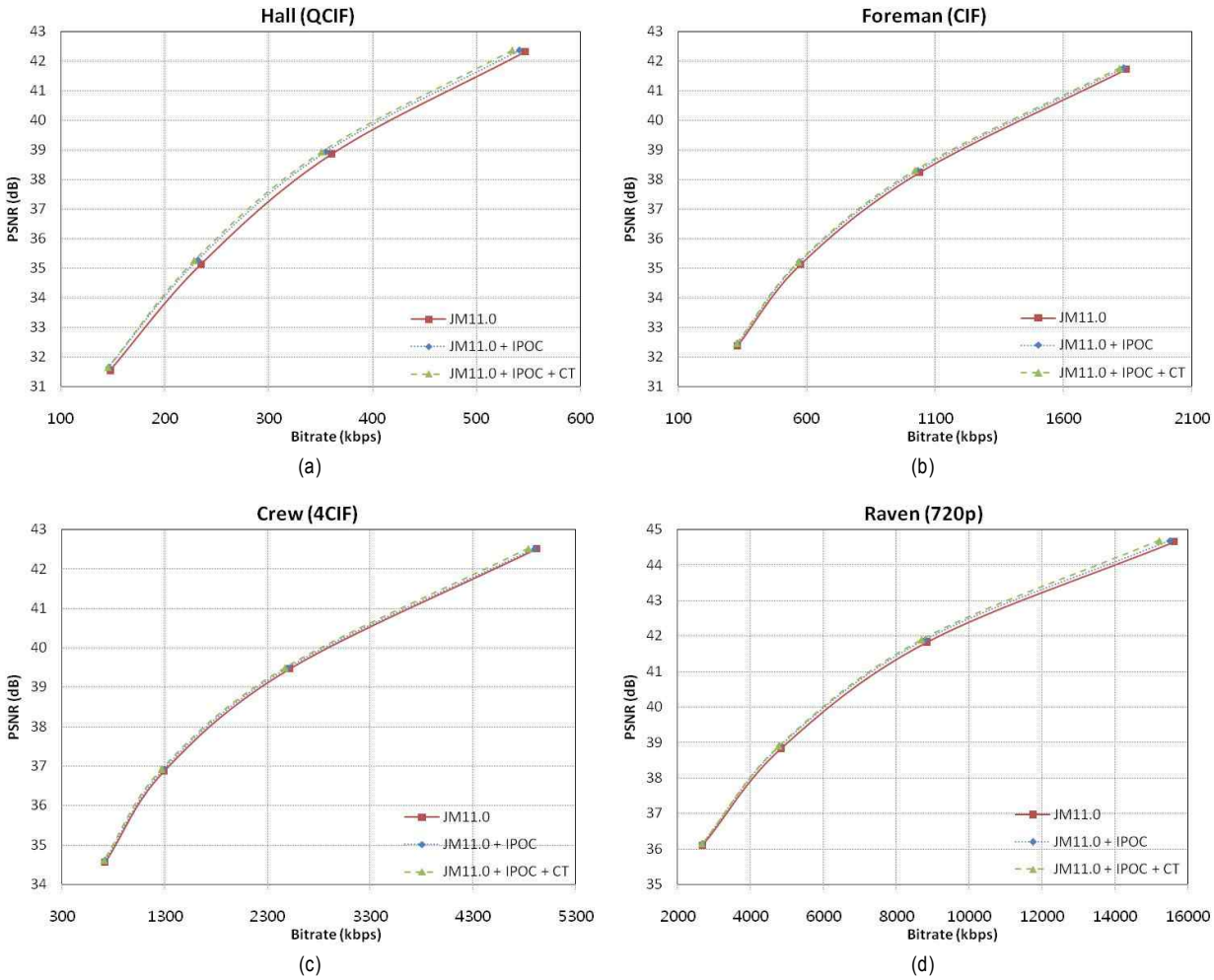



그림 7. High Profile에서 JM 11.0과 제안하는 방법의 율-왜곡 곡선
Fig. 7. Rate-distortion curves of JM 11.0 and proposed method in high profile

표 6. Baseline Profile에서 제안하는 방법의 색차 성분 화질 저하
Table 6. Chroma component quality degradation of proposed method in baseline profile

| Sequence | | QP | JM11.0 | | | JM11.0 + IPOC | | | | | JM11.0 + IPOC + CT | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Bitrate (kbps) | PSNR U (dB) | PSNR V (dB) | Bitrate (kbps) | PSNR U (dB) | PSNR V (dB) | BD-PSNR U (%) | BD-PSNR V (%) | Bitrate (kbps) | PSNR U (dB) | PSNR V (dB) | BD-PSNR U (%) | BD-PSNR V (% |
| QCIF | Container | 22 | 640.64 | 44.93 | 45.04 | 638.49 | 44.82 | 44.86 | -0.15 | -0.14 | 635.84 | 44.58 | 44.49 | -0.54 | -0.66 |
| | | 27 | 413.82 | 41.79 | 41.57 | 411.6 | 41.62 | 41.45 | | | 408.17 | 40.88 | 40.66 | | |
| | | 32 | 262.68 | 39.24 | 39.2 | 260.78 | 38.98 | 38.99 | | | 257.27 | 38.36 | 38.28 | | |
| | | 37 | 162.7 | 37.66 | 37.22 | 161.86 | 37.63 | 37.05 | | | 158.85 | 37.2 | 36.2 | | |
| | Silent | 22 | 725.55 | 42.98 | 43.76 | 720.22 | 42.87 | 43.65 | -0.11 | -0.12 | 716.97 | 42.67 | 43.33 | -0.46 | -0.51 |
| | | 27 | 444.18 | 39.72 | 40.61 | 438.34 | 39.5 | 40.42 | | | 430.77 | 38.92 | 39.61 | | |
| | | 32 | 260.96 | 37.27 | 38.75 | 256.84 | 37.09 | 38.57 | | | 252.86 | 36.48 | 38.03 | | |
| | | 37 | 153.36 | 35.48 | 37.19 | 151.32 | 35.39 | 37.03 | | | 149.95 | 34.96 | 36.91 | | |
| | Hall | 22 | 557.4 | 43.05 | 44.23 | 547.78 | 42.9 | 44.11 | -0.07 | -0.06 | 540.76 | 42.5 | 43.53 | -0.52 | -0.22 |
| | | 27 | 371.03 | 40.47 | 41.86 | 363.21 | 40.26 | 41.71 | | | 358.94 | 39.63 | 41.32 | | |
| | | 32 | 243.65 | 38.35 | 40.53 | 237.93 | 38.18 | 40.37 | | | 234.66 | 37.45 | 40.25 | | |
| | | 37 | 157.94 | 36.84 | 39.4 | 155.14 | 36.73 | 39.32 | | | 154.46 | 36.56 | 39.3 | | |
| | Average | | | | | | | | -0.11 | -0.11 | | | | -0.51 | -0.46 |
| CIF | Paris | 22 | 3300.07 | 43.45 | 43.65 | 3287.38 | 43.35 | 43.56 | -0.11 | -0.10 | 3274.28 | 43.09 | 43.22 | -0.48 | -0.67 |
| | | 27 | 2247.48 | 40.07 | 40.22 | 2235.04 | 39.93 | 40.08 | | | 2217.6 | 39.49 | 39.36 | | |
| | | 32 | 1469.51 | 37.46 | 37.76 | 1461.92 | 37.31 | 37.61 | | | 1443.86 | 36.66 | 36.74 | | |
| | | 37 | 936.39 | 35.5 | 35.84 | 930.45 | 35.36 | 35.72 | | | 915.57 | 34.66 | 35.06 | | |
| | Foreman | 22 | 1936.24 | 44.43 | 47.11 | 1921.03 | 44.27 | 46.94 | -0.13 | -0.18 | 1903.88 | 43.77 | 46.58 | -0.30 | -0.30 |
| | | 27 | 1128.67 | 41.55 | 44.57 | 1114.74 | 41.33 | 44.31 | | | 1104.98 | 40.94 | 43.95 | | |
| | | 32 | 661.74 | 39.98 | 42.35 | 652.11 | 39.82 | 42.11 | | | 648.06 | 39.57 | 41.83 | | |
| | | 37 | 404.29 | 38.58 | 40.55 | 398.55 | 38.47 | 40.33 | | | 395.52 | 38.29 | 39.93 | | |
| | M&C | 22 | 4998.14 | 41.74 | 41.64 | 4989.08 | 41.66 | 41.56 | -0.07 | -0.07 | 4979.09 | 41.51 | 41.46 | -0.30 | -0.22 |
| | | 27 | 3534.88 | 38.06 | 37.81 | 3527.4 | 37.97 | 37.72 | | | 3512.45 | 37.73 | 37.49 | | |
| | | 32 | 2392.95 | 35.52 | 35.12 | 2386.64 | 35.43 | 35.03 | | | 2371.98 | 35.04 | 34.74 | | |
| | | 37 | 1543.41 | 33.57 | 33.08 | 1538.56 | 33.49 | 33.01 | | | 1523.46 | 32.98 | 32.67 | | |
| | Average | | | | | | | | -0.10 | -0.12 | | | | -0.36 | -0.40 |
| 4CIF | City | 22 | 10087.5 | 45.66 | 47.22 | 10038.09 | 45.43 | 46.97 | -0.20 | -0.23 | 9959.13 | 44.79 | 46.44 | -0.29 | -0.14 |
| | | 27 | 6363.62 | 43.1 | 45.09 | 6320.8 | 42.8 | 44.78 | | | 6295.37 | 42.38 | 44.59 | | |
| | | 32 | 3810.27 | 41.21 | 43.59 | 3778.24 | 40.99 | 43.34 | | | 3769.83 | 40.8 | 43.28 | | |
| | | 37 | 2235.45 | 39.78 | 42.1 | 2214.27 | 39.69 | 41.99 | | | 2212.03 | 39.64 | 41.95 | | |
| | Crew | 22 | 5304.09 | 44.9 | 46.21 | 5267.43 | 44.75 | 46.01 | -0.14 | -0.21 | 5208.32 | 44.37 | 45.57 | -0.30 | -0.52 |
| | | 27 | 2788.23 | 43.02 | 43.67 | 2757.12 | 42.82 | 43.38 | | | 2726.33 | 42.46 | 42.79 | | |
| | | 32 | 1564.1 | 41.49 | 41.49 | 1545.02 | 41.32 | 41.23 | | | 1523.35 | 41 | 40.62 | | |
| | | 37 | 926.08 | 39.97 | 39.52 | 916.74 | 39.87 | 39.36 | | | 901.28 | 39.66 | 38.8 | | |
| | Harbour | 22 | 9515.79 | 45.37 | 46.86 | 9477.6 | 45.14 | 46.63 | -0.24 | -0.25 | 9390.29 | 44.44 | 45.91 | -0.36 | -0.33 |
| | | 27 | 6097.88 | 42.97 | 44.61 | 6060.83 | 42.66 | 44.29 | | | 6027.16 | 42.16 | 43.79 | | |
| | | 32 | 3804.7 | 41.21 | 42.82 | 3773.15 | 40.94 | 42.53 | | | 3762.36 | 40.68 | 42.34 | | |
| | | 37 | 2375.19 | 39.67 | 41.12 | 2351.82 | 39.54 | 40.98 | | | 2348.55 | 39.43 | 40.94 | | |
| | Average | | | | | | | | -0.19 | -0.23 | | | | -0.32 | -0.33 |
| 720p | BigShips | 22 | 34294.27 | 44.62 | 45.61 | 34059.5 | 44.44 | 45.44 | -0.15 | -0.15 | 33650.44 | 43.85 | 44.91 | -0.58 | -0.47 |
| | | 27 | 19600.02 | 41.86 | 43.21 | 19404.62 | 41.63 | 43 | | | 19138.58 | 40.94 | 42.4 | | |
| | | 32 | 10933.27 | 40 | 41.61 | 10822.26 | 39.83 | 41.43 | | | 10677.83 | 39.19 | 40.92 | | |
| | | 37 | 6027.82 | 38.49 | 40.19 | 5968.78 | 38.39 | 40.07 | | | 5898.58 | 37.95 | 39.82 | | |
| | Night | 22 | 35495.09 | 44.55 | 45.79 | 35252.3 | 44.39 | 45.61 | -0.15 | -0.15 | 34913.08 | 43.88 | 45.05 | -0.61 | -0.50 |
| | | 27 | 22216.09 | 41.41 | 42.7 | 21999.61 | 41.2 | 42.48 | | | 21733.78 | 40.53 | 41.87 | | |
| | | 32 | 13752.5 | 39.08 | 40.46 | 13607.76 | 38.87 | 40.26 | | | 13406.3 | 38.14 | 39.71 | | |
| | | 37 | 8582 | 37.07 | 38.56 | 8497.74 | 36.93 | 38.42 | | | 8349.7 | 36.22 | 37.97 | | |
| | Raven | 22 | 18267.94 | 46.86 | 45.97 | 17981.52 | 46.62 | 45.71 | -0.21 | -0.20 | 17669.01 | 46.22 | 45.14 | -0.17 | -0.16 |
| | | 27 | 10544.11 | 44.66 | 43.37 | 10346.01 | 44.33 | 43.04 | | | 10250.74 | 44.11 | 42.77 | | |
| | | 32 | 6073.25 | 42.92 | 41.58 | 5997.29 | 42.67 | 41.35 | | | 5974.4 | 42.52 | 41.31 | | |
| | | 37 | 3522.83 | 41.43 | 40.11 | 3497.06 | 41.32 | 40.01 | | | 3492.42 | 41.27 | 40.01 | | |
| | Average | | | | | | | | -0.17 | -0.17 | | | | -0.45 | -0.38 |
| Total Average | | | | | | | | | -0.14 | -0.16 | | | | -0.41 | -0.39 |

대한 율-왜곡 곡선을 나타낸다. 그림 5와 마찬가지로 제안하는 방법은 다양한 해상도 및 다양한 비트율 조건에 제약받지 않고 일정한 부호화 성능 향상을 보임을 알 수 있다.

### 3. 제안하는 방법과 MDDT의 통합 성능

ITU-T VCEG에 기고되어 KTA 2.2에 통합된 알고리즘 중

화면내 부호화에서만 사용 가능한 알고리즘으로는 MDDT가 있다[18]. MDDT는 화면내 예측이 수행되고 난 뒤 생성되는 예측 블록에 대해서 화면내 예측 방법의 방향성에 따라 KLT를 기반으로 설계된 기저 벡터 (Basis Vector)를 이용하여, 예측 블록의 에너지를 주파수 영역에서 압축하는 기술이다. 화면내 예측 방법의 방향성에 따라 변환 부호화를

표 7. High Profile에서 MDDT와 통합 실험 결과
Table 7. Experimental result for combination of MDDT and proposed method in high profile

| Sequence | | QP | JM 11.0 + MDDT | | | JM 11.0 + MDDT + IPOC | | | JM 11.0 + MDDT + IPOC + CT | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Bitrate (kbps) | PSNR Y (dB) | BD-RATE (%) | Bitrate (kbps) | PSNR Y (dB) | BD-RATE (%) | Bitrate (kbps) | PSNR Y (dB) | BD-RATE (%) |
| QCIF | Container | 22 | 620.54 | 42.11 | -4.16 | 617.85 | 42.23 | -6.71 | 615.71 | 42.25 | -7.76 |
| | | 27 | 393.37 | 38.21 | | 391.10 | 38.33 | | 387.90 | 38.33 | |
| | | 32 | 248.67 | 34.70 | | 245.11 | 34.84 | | 241.64 | 34.84 | |
| | | 37 | 148.60 | 31.17 | | 147.15 | 31.34 | | 144.72 | 31.34 | |
| | Silent | 22 | 688.67 | 41.77 | -6.41 | 687.26 | 41.94 | -8.98 | 682.48 | 41.93 | -10.46 |
| | | 27 | 417.25 | 37.62 | | 415.15 | 37.78 | | 407.58 | 37.79 | |
| | | 32 | 240.99 | 34.07 | | 240.17 | 34.23 | | 236.43 | 34.24 | |
| | | 37 | 129.50 | 30.85 | | 130.70 | 31.04 | | 129.00 | 31.02 | |
| | Hall | 22 | 532.32 | 42.49 | -5.67 | 527.48 | 42.65 | -8.98 | 521.10 | 42.65 | -10.04 |
| | | 27 | 347.27 | 39.05 | | 343.00 | 39.23 | | 338.40 | 39.21 | |
| | | 32 | 231.47 | 35.49 | | 228.73 | 35.72 | | 225.24 | 35.71 | |
| | | 37 | 141.83 | 31.71 | | 141.52 | 31.95 | | 140.84 | 31.95 | |
| | Average | | | | -5.41 | | | -8.23 | | | -9.42 |
| CIF | Paris | 22 | 3150.66 | 41.84 | -4.72 | 3141.17 | 42.00 | -6.98 | 3126.85 | 42.00 | -7.90 |
| | | 27 | 2110.86 | 37.69 | | 2100.67 | 37.86 | | 2083.10 | 37.85 | |
| | | 32 | 1375.73 | 33.85 | | 1366.70 | 34.01 | | 1349.84 | 34.01 | |
| | | 37 | 839.60 | 30.10 | | 837.15 | 30.29 | | 824.10 | 30.29 | |
| | Foreman | 22 | 1843.60 | 42.04 | -5.53 | 1836.01 | 42.16 | -8.42 | 1821.40 | 42.17 | -9.17 |
| | | 27 | 1028.24 | 38.45 | | 1021.97 | 38.57 | | 1011.48 | 38.57 | |
| | | 32 | 575.08 | 35.44 | | 571.35 | 35.60 | | 567.02 | 35.59 | |
| | | 37 | 321.84 | 32.58 | | 323.34 | 32.77 | | 320.60 | 32.76 | |
| | M&C | 22 | 4870.69 | 41.45 | -4.09 | 4865.58 | 41.65 | -5.51 | 4854.89 | 41.65 | -6.14 |
| | | 27 | 3400.30 | 36.84 | | 3400.43 | 37.01 | | 3384.19 | 37.02 | |
| | | 32 | 2296.11 | 32.61 | | 2299.28 | 32.77 | | 2281.89 | 32.77 | |
| | | 37 | 1451.04 | 28.50 | | 1452.15 | 28.65 | | 1436.14 | 28.65 | |
| | Average | | | | -4.78 | | | -6.97 | | | -7.74 |
| 4CIF | City | 22 | 9177.55 | 41.80 | -6.19 | 9175.48 | 41.98 | -7.90 | 9094.63 | 41.97 | -8.25 |
| | | 27 | 5683.33 | 37.81 | | 5697.54 | 37.97 | | 5668.96 | 37.97 | |
| | | 32 | 3379.40 | 34.31 | | 3394.45 | 34.45 | | 3387.73 | 34.45 | |
| | | 37 | 1816.43 | 31.02 | | 1834.50 | 31.15 | | 1832.61 | 31.15 | |
| | Crew | 22 | 4948.80 | 42.79 | -6.86 | 4942.17 | 42.89 | -9.07 | 4881.86 | 42.89 | -10.44 |
| | | 27 | 2446.96 | 39.61 | | 2441.20 | 39.70 | | 2408.86 | 39.70 | |
| | | 32 | 1296.14 | 37.21 | | 1298.35 | 37.32 | | 1276.80 | 37.32 | |
| | | 37 | 699.48 | 34.86 | | 707.33 | 34.98 | | 692.58 | 34.98 | |
| | Harbour | 22 | 8379.18 | 41.84 | -7.66 | 8373.25 | 42.04 | -9.92 | 8288.34 | 42.03 | -10.34 |
| | | 27 | 5103.04 | 38.13 | | 5120.01 | 38.34 | | 5087.60 | 38.33 | |
| | | 32 | 3141.40 | 34.86 | | 3171.80 | 35.08 | | 3159.70 | 35.08 | |
| | | 37 | 1831.96 | 31.60 | | 1861.47 | 31.81 | | 1856.72 | 31.81 | |
| | Average | | | | -6.91 | | | -8.96 | | | -9.68 |
| 720p | BigShips | 22 | 31763.58 | 42.09 | -4.92 | 31684.20 | 42.20 | -7.01 | 31287.91 | 42.21 | -8.39 |
| | | 27 | 17426.52 | 38.39 | | 17402.88 | 38.51 | | 17144.53 | 38.51 | |
| | | 32 | 9318.04 | 35.36 | | 9344.78 | 35.47 | | 9222.98 | 35.48 | |
| | | 37 | 4571.36 | 32.62 | | 4620.76 | 32.73 | | 4565.43 | 32.74 | |
| | Night | 22 | 32654.52 | 43.10 | -5.52 | 32546.91 | 43.26 | -7.89 | 32196.37 | 43.26 | -9.31 |
| | | 27 | 19943.95 | 39.39 | | 19853.89 | 39.54 | | 19589.41 | 39.55 | |
| | | 32 | 12206.58 | 36.12 | | 12186.02 | 36.28 | | 11994.82 | 36.28 | |
| | | 37 | 7148.27 | 32.87 | | 7185.22 | 33.04 | | 7041.65 | 33.04 | |
| | Raven | 22 | 15127.23 | 44.91 | -7.94 | 14976.71 | 45.03 | -10.96 | 14686.47 | 45.04 | -11.75 |
| | | 27 | 8455.78 | 41.98 | | 8385.93 | 42.12 | | 8292.78 | 42.13 | |
| | | 32 | 4859.09 | 39.27 | | 4853.56 | 39.43 | | 4832.35 | 39.43 | |
| | | 37 | 2651.14 | 36.50 | | 2670.16 | 36.63 | | 2663.12 | 36.62 | |
| | Average | | | | -6.13 | | | -8.62 | | | -9.82 |
| Total Average | | | | | -5.81 | | | -8.19 | | | -9.16 |

적용하므로, 양자화 후에 생성되는 양자화된 변환 계수들의 특성 역시 방향성에 따라 다른 형태로 나타날 수 있다. 이러한 계수들을 보다 효율적으로 부호화하기 위해서 적응형 스캐닝 (Adaptive Scanning)을 이용한다. 본 논문에서 제안하는 화면내 예측 오프셋 보상 방법과 MDDT를 통합하여 구현한 결과와 단일 MDDT만의 결과를 비교하여 표 7에 나타내었다. 표 7에서 가장 좌측에 위치한 결과는 JM 11.0과 JM 11.0에 MDDT를 적용했을 때의 비교 실험 결과이고, 우측에 위치한 결과들은 JM 11.0 + MDDT에 제안하는 방법들을 추가로 적용했을 때의 결과를 나타낸다. MDDT는 기존 H.264/AVC의 화면내 부호화 대비 평균 5.81%의 비트율 절감을 이루었으며, 이에 제안하는 화면내 예측 오프셋 보상 방법을 추가했을 경우 평균 8.19%의 비트율 절감, 제안하는 색차 임계 처리 방법도 추가했을 경우 평균 9.16%의 높은 부호화 성능 향상을 가져온다. 특히 Raven 영상에서는 화면내 예측 오프셋 보상 방법과 색차 임계 처리 방법을 함께 적용했을 때, 최대 11.75 %의 높은 비트율 절감을 얻을 수 있다.

그림 7은 그림 5 및 그림 6과 동일한 영상들에 대한 JM 11.0, JM 11.0 + MDDT, JM 11.0 + MDDT + IPOC 및

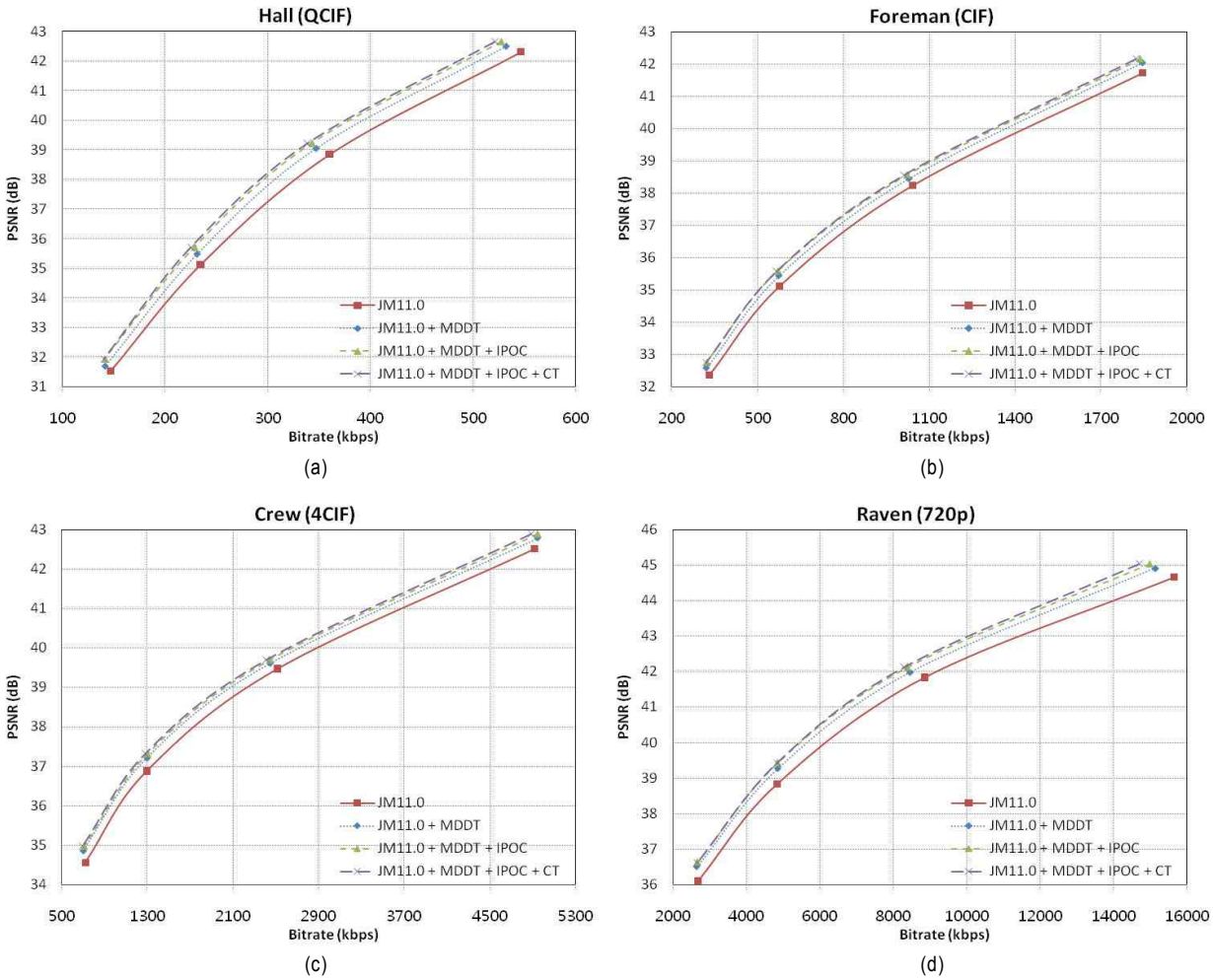



그림 8. High Profile에서 MDDT를 사용했을 때 율-왜곡 곡선
Fig. 8. Rate-distortion curves for combination of MDDT and proposed method in high profile

JM 11.0 + MDDT + IPOC + CT에 대한 율-왜곡 곡선을 나타낸다. 그림의 율-왜곡 곡선을 통해서 알 수 있듯이 제안하는 방법과 MDDT를 함께 사용할 경우에 JM 11.0 + MDDT 보다 높은 부호화 성능을 보임을 알 수가 있다.

## 4. 오프셋 선택 분포

제안하는 방법에서 사용되는 화면내 예측 오프셋의 통계적 특징을 알아 보기 위해 오프셋의 선택 범위를 -8에서 8까지 했을 때 표 5의 High Profile 조건에서 선택되는 오프셋의 확률 분포를 그림 8에 나타내었다. 다양한 해상도의 영상과 다양한 양자화 매개변수를 이용하여 오프셋 선택 분포를 정리하였으며, 세로축은 해당 오프셋이 발생한 확률을 나타내고 가로축은 오프셋 값을 나타낸다. 그림 8을 통해서 알 수 있듯이 오프셋 값은 가우시안 분포를 이루며, 오프셋 값이 -1, 0, 1의 경우가 70% 이상임을 알 수가 있다. 이 중 0 값은 전체적으로 평균 30%에 해당하며, 0이 선택된 블록은 전송되는 오프셋의 오버헤드를 고려하면 제안하는 방법을 사용하지 않는 것이 더 효율적임을 알 수 있다. 또한 -3 ~ +3 사이의 오프셋 값이 선택된 확률은 평균 95%에

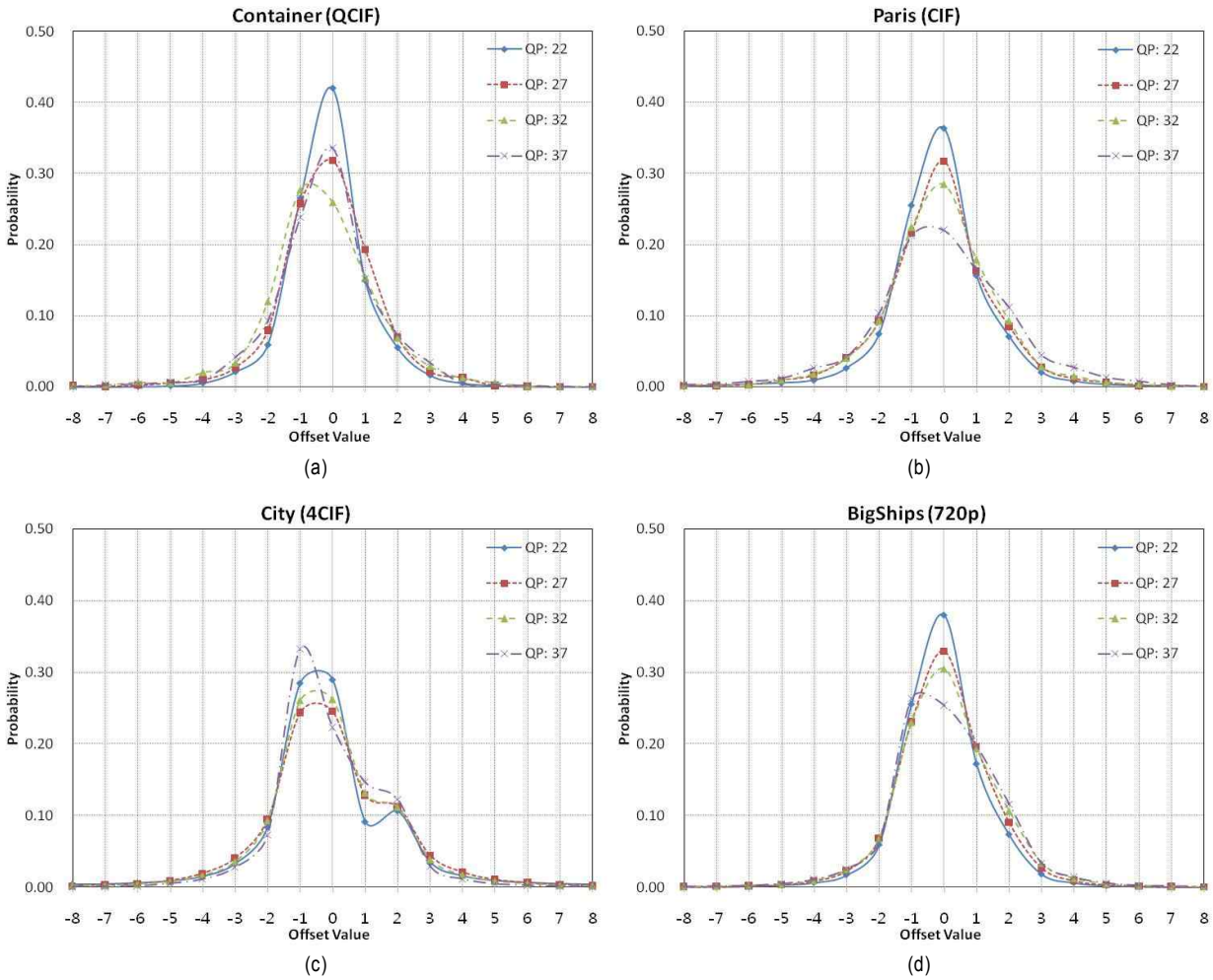



그림 9. High Profile에서 화면내 예측 오프셋 선택 분포
Fig. 9. Distribution of selected intra prediction offset in high profile

해당하며, 오프셋 선택 범위를 제약하면 추가적인 부호화 속도 향상을 얻을 수 있을 것이다.

## 5. 복호화기의 계산 복잡도

제안하는 방법은 기존의 다른 화면내 예측 알고리즘과 비교하여 복호화기에서 상대적으로 아주 낮은 계산 복잡도를 필요로 하지만, 부호화기에서는 여러 오프셋 값에 대해서 매크로블록 단위로 부호화를 수행하여 최적의 오프셋을 선택하기 때문에 최소 7배 이상의 높은 계산 복잡도를 필요로 한다. 복호화기에서는 엔트로피 복호화를 통해서 오프셋 값을 파싱(Parsing)하는 과정과 파싱한 오프셋을 예측 블록에 더하는 연산만 부가적으로 수행한다. 오프셋 파싱 부분은 상대적으로 아주 미미한 계산 복잡도 증가를 가지며, 오프셋을 예측 블록에 더하는 연산은 일반적인 경우에 16x16 매크로블록 단위로 256 회의 덧셈 연산을 수행하게 된다. 그림 9는 JM 11.0과 제안하는 방법 간의 전체 복호화 시간을 비교한 그래프이며, 단위는 초를 사용했다. 그림을 통해 전체적으로 비슷한 복호화 시간이 소요됨을 확인할 수 있으며, Container 영상의 경우 제안하는 방법의 계산

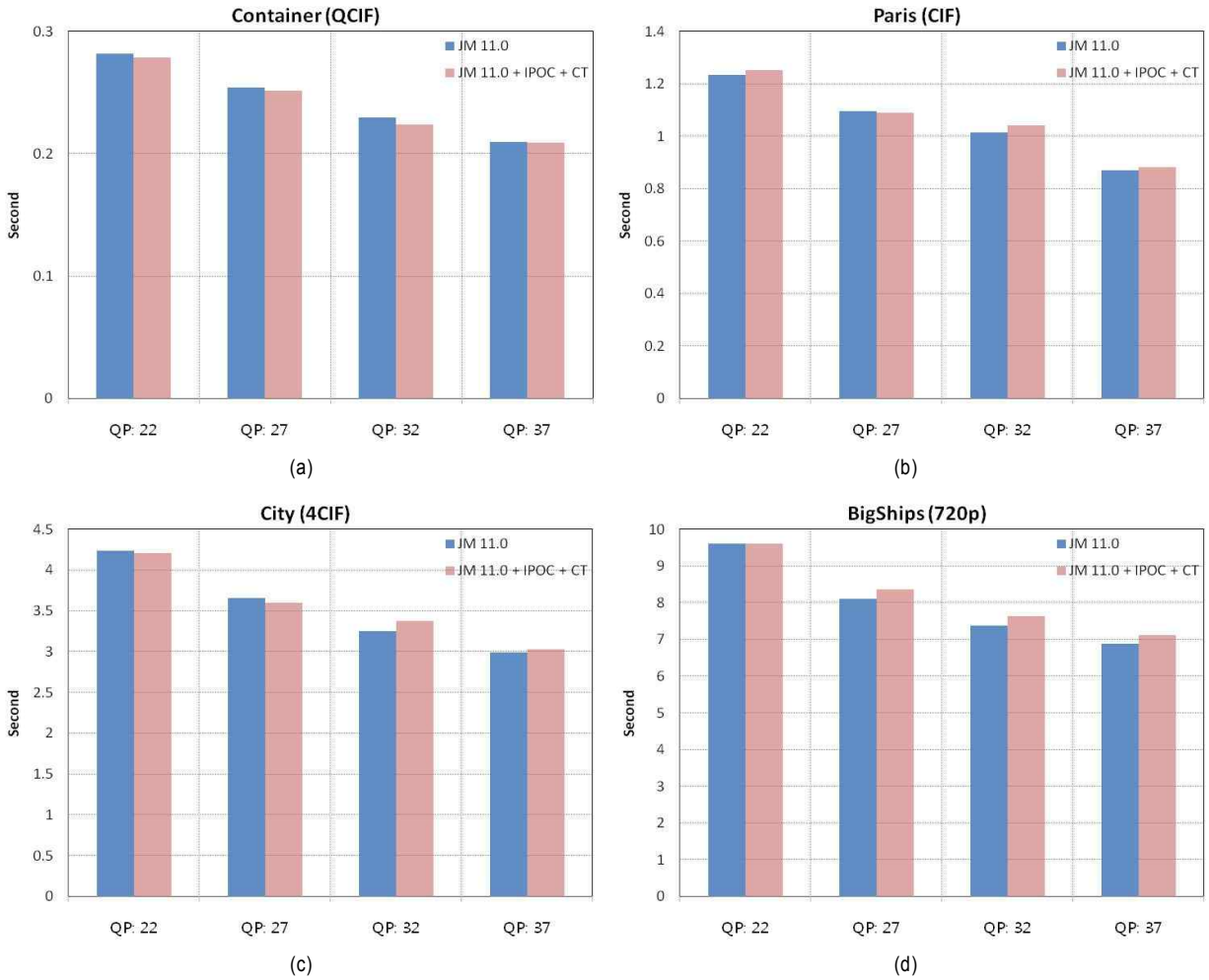



그림 10. 복호화기에서 JM 11.0과 제안하는 방법의 전체 복호화 시간 비교
Fig. 10. Comparison of total decoding execution time of JM 11.0 and proposed method in decoder

복잡도가 JM 11.0 보다 더 낮은 것을 확인할 수 있고, 대신에 다른 영상들에서는 제안하는 방법의 계산 복잡도가 더 높은 것을 알 수 있다. 이는 복호화 과정에서 제안하는 방법을 사용하면 매크로블록 당 256 회의 덧셈 연산이 추가로 필요하지만, 부호화 과정에서 양자화된 변환 계수의 수가 줄어들었을 경우 복호화 시 이에 대한 연산이 필요 없기 때문에 제안하는 방법의 계산 복잡도가 낮은 경우도 발생할 수가 있다. 다양한 양자화 매개변수를 사용했을 때, Container 영상에서는 제안하는 방법을 이용할 경우 JM 11.0과 비교하여 계산 복잡도가 평균 1.24% 감소하였으나, Paris 영상에서는 1.17% 증가하고, City 영상에서도 0.53%가 증가하며, BigShips 영상에서는 2.32%가 증가하였다. 제안하는 방법은 전체적으로 4개 영상에 대해서 평균 0.7%의 복호화기 계산 복잡도 증가를 보인다. 이는 전체 복호화기의 계산 복잡도 중 아주 적은 양에 해당되며, 제안하는 방법을 통해서 복호화기에서는 큰 계산 복잡도 증가 없이 부호화 성능을 얻을 수 있음을 확인할 수 있다.

## V. 결 론

본 논문에서는 H.264/AVC의 화면내 부호화 방법 중 화면내 예측을 통해서 생성된 예측 블록에 추가적인 오프셋을 보상하여 High Profile 환경에서 평균 2.45%의 비트율 절감과 최대 4.41%의 비트율 절감을 얻을 수 있는 화면내 예측 오프셋 보상 방법을 제안했다. 제안하는 방법은 예측 블록에 대한 단순한 덧셈만을 사용하기 때문에 복호화기에서의 계산 복잡도가 미미하며, 다른 화면내 부호화 알고리즘과 통합하여 사용할 수 있는 장점이 있다. 하지만, 제안하는 방법은 다양한 오프셋 중 최적의 오프셋을 율-왜곡 최적화를 통해서 선택하여 사용하므로, 부호화기에서 큰 계산 복잡도를 요구할 수 있다. 차후에는 부호화기에서의 계산 복잡도 감소 및 추가적인 성능 향상 방법에 대해 연구를 진행할 계획이다.

## 참고 문헌


[1] ITU-T Recommendation H.264 and ISO/IEC 14496-10, Advanced Video Coding for Generic Audiovisual Services, May 2003.

[2] ITU-T SG16/Q.6, “Draft requirements for “NGVC” next-generation video coding project,” ITU-T SG16/ Q.6 Doc. TD24R1/WP3, Feb. 2009.

[3] ISO/IEC JTC1/SC29 WG11, “Vision and Requirements for High-Performance Video Coding (HVC) Codec,” MPEG Output Doc. N10361, Feb. 2009.

[4] 김동형, 정세윤, 임성창, 최진수, “KTA 기술 분석 및 전망,” 2008 전자공학회 하계종합학술대회 초청논문세션, 차세대 비디오 부호화 압축 기술, 2008년 6월.

[5] 최해철, 임성창, 이하현, 최진수, “고효율 비디오 압축 기술,” 전자공학회지 미디어 신호처리 최신 기술 동향 특집호, 제 36권 제 4호 pp. 28-37, 2009년 4월.

[6] http://iphome.hhi.de/suehring/tml/download/KTA

[7] K. Andersson, ”Combined Intra Inter Prediction Coding Mode,” ITU-T SG16/Q.6 Doc. VCEG-AD11, Oct. 2006.

[8] S. Chen, J. Wang, S. Li, and L. Yu, “Second Order Prediction (SOP) in P Slice,” ITU-T SG16/Q.6 Doc. VCEG-AI27, July 2008.

[9] J. Ballé and M. Wien, “Extended Texture Prediction for H.264 Intra Coding,” ITU-T SG16/Q.6 Doc. VCEG-AE11, Jan. 2007.

[10] T. Yamamoto and Y. Yasugi, “A new intra mode using down-sampled macroblock,” ITU-T SG16/Q.6 Doc. VCEG-AE12, Jan. 2007.

[11] D.G. Sim, S.-J. Park, S.-J. Oh, J. S. Choi, W.-S. Cheong, and K.-A. Moon, “New Intra MB mode for bandlimited signals,” ITU-T SG16/Q.6 Doc. VCEG-AH22, Jan. 2008.

[12] S. Taichiro, A. Tanizawa, T. Chujoh, and T. Yamakage, “Improvement of Bidirectional Intra Prediction,” ITU-T SG16/Q.6 Doc. VCEG-AG08, Oct. 2007.

[13] T. Murakami, I. Karube, H. Ito, and M. Takahashi, “Adaptive Picture Flipping Coding on KTA Software,” ITU-T SG16/Q.6 Doc. VCEG-AE17, Jan. 2007.

[14] T. Yoshino, S. Naito, and A. Koike, “An extended intra prediction scheme based on frequency component representation,” ITU-T SG16/Q.6 Doc. VCEG-AG06, Oct. 2007.

[15] S. Matsuo, S. Takamura, K. Kamikura, and Y. Yashima, “Weighted Intra Prediction,” ITU-T SG16/Q.6 Doc. VCEG-AG16, Oct. 2007.

[16] J.-Y. Park, S.-W. Park, and B.-M. Jeon, “Intra prediction with sub-pel samples,” ITU-T SG16/Q.6 Doc. VCEG-AG09, Oct. 2007.

[17] D.G. Sim, K.S. Jung, S. R. Kook, G. H. Park, H.C. Choi, and S.-C. Lim, “Uni-directional 4x4 Intra Prediction,” ITU-T SG16/Q.6 Doc. VCEG-AJ16_r1, Oct. 2008.

[18] Y. Ye and M. Karczewicz, “Complexity Analysis of Improved Intra Coding,” ITU-T SG16/Q.6 Doc. VCEG-AH20, Jan. 2008.

[19] http://iphome.hhi.de/suehring/tml/download/

[20] G. Bjontgaard, “Calculation of average PSNR differences between RD-curves,” ITU-T SG16/Q.6 VCEG Doc. VCEG-M33, Apr. 2001.

## 저 자 소 개

### 임 성 창

- 2001년 3월 ~ 2006년 2월 : 세종대학교 컴퓨터공학과 학사
- 2006년 3월 ~ 2008년 2월 : 세종대학교 컴퓨터공학과 석사
- 2008년 3월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 방통융합미디어연구부 (연구원)
- 주관심분야 : Video Coding, Image Processing, Video Codec Design

### 이 하 현

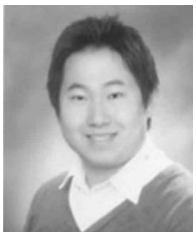
- 2002년 2월 : 한국항공대학교 항공전자공학과 (학사)
- 2007년 8월 : 과학기술연합대학원대학교 이동통신 및 디지털방송공학 (석사)
- 2003년 5월 ~ 2005년 7월 : LG전자 연구원
- 2007년 8월 ~ 2008년 8월 : 티비스톰 선임연구원
- 2008년 10월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 실감미디어연구팀 연구원
- 주관심분야 : 비디오 부호화, 영상처리

### 최 해 철

- 1993년 3월 ~ 1997년 2월 : 경북대학교 전자공학과 학사
- 1997년 3월 ~ 1999년 2월 : KAIST 전기및전자공학과 석사
- 1999년 3월 ~ 2004년 8월 : KAIST 전기및전자공학과 공학박사
- 2004년 9월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 방통융합미디어연구부 (선임연구원)
- 2007년 3월 ~ 현재 : 과학기술연합대학원대학교 이동통신및디지털방송공학과 겸임 조교수
- 주관심분야 : 영상통신, 비디오 부호화, SVC, MPEG, VCEG

### 정 세 윤

- 1995년 2월 : 인하대학교 전자공학과 (학사)
- 1997년 2월 : 인하대학교 대학원 전자공학과 (석사)
- 2009년 현재 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사과정 중
- 1996년 12월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 방통융합미디어연구부 (선임연구원)
- 주관심분야 : Video Coding, UHDTV, Mobile Broadcasting



### 김 종 호

- 2000년 3월 ~ 2005년 2월 : 한국해양대학교 기계정보공학부 제어컴퓨터정보 전공 (학사)
- 2005년 8월 ~ 2007년 8월 : 과학기술연합대학원대학교 (석사)
- 2008년 9월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 실감미디어연구팀 연구원
- 주관심분야 : 영상처리, 비디오 압축 및 전송

## 저 자 소 개

**최 진 수**

- 1986년 3월 ~ 1990년 2월 : 경북대학교 전자공학과 학사
- 1990년 3월 ~ 1992년 2월 : 경북대학교 전자공학과 석사
- 1992년 3월 ~ 1996년 2월 : 경북대학교 전자공학과 공학박사
- 1996년 5월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 실감미디어연구팀장(책임연구원)
- 2004년 10월 ~2006년 3월 : TTA 데이터방송프로젝트그룹(PG312) 의장
- 주관심분야 : 멀티미디어방송, 영상통신, UHDTV