특집논문 (Special Paper)
방송공학회논문지 제25권 제3호, 2020년 5월 (JBE Vol. 25, No. 3, May 2020)
https://doi.org/10.5909/JBE.2020.25.3.338
ISSN 2287-9137 (Online) ISSN 1226-7953 (Print)

VVC의 기울기 기반 화면내 예측모드 결정 및 블록분할 고속화 기법

윤 용 욱[a)], 박 도 현[a)], 김 재 곤[a)‡]

Gradient-Based Methods of Fast Intra Mode Decision and Block Partitioning in VVC

Yong-Uk Yoon[a)], Dohyeon Park[a)], and Jae-Gon Kim[a)‡]

요 약

차세대 비디오 부호화 표준으로 진행중인 VVC(Versatile Video Coding)는 HEVC(High Efficiency Video Coding)보다 두 배 이상의 압축 성능을 달성하기 위해 다양한 기술들을 채택하고 있다. 최근 배포된 VVC 참조 SW 코덱인 VTM(VVC Test Model)은 HEVC 대비 38% 이상의 BD-rate 부호화 성능 향상을 보이는 반면 부호화와 복호화 복잡도가 각각 9배, 2배 정도 증가를 보인다. 특히, 재귀적 MTT(Multi-Type Tree) 분할 구조와 HEVC 대비 2배로 증가한 화면내 예측모드 수로 인해 상당한 부호화기의 복잡도가 증가하였으며, 이를 감소시키기 위한 다양한 기법들이 연구되고 있다. 본 논문에서는 부호화기의 복잡도를 감소시키기 위하여 블록내 화소의 기울기를 이용한 고속 화면내 예측모드 결정 및 블록분할 기법을 제시한다. 실험결과 VTM6.0 대비 AI(All Intra) 부호화 구조에서 3.54%의 부호화 성능 감소와 65%의 부호화 시간 절감 효과를 얻었다.

Abstract

Versatile Video Coding (VVC), which has been developing as a next generation video coding standard, has adopted various techniques to achieve more than twice the compression performance of HEVC (High Efficiency Video Coding). The recently released VVC Test Model (VTM) shows 38% Bjontegaard Delta bitrate (BD-rate) improvement and 9x/1.6x encoding/decoding complexity over HEVC. In order to reduce such increased complexity, various fast algorithms have been proposed. In this paper, gradient-based methods of fast intra mode decision and block splitting are presented. Experimental results show that, compared to VTM6.0, the proposed method gives up to 65% encoding time reduction with 3.54% BD-rate loss in All-Intra (AI) configuration.

Keyword : VVC, VTM, Fast algorithm, Block partitioning, Intra prediction mode

a) 한국항공대학교 항공전자정보공학부(Korea Aerospace University, School of Electronics and Information Engineering)
‡ Corresponding Author : 김재곤(Jae-Gon Kim)
E-mail: jgkim@kau.ac.kr
Tel: +82-2-300-0414
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3686-4786
※ 이 논문의 연구결과 중 일부는 “IPIU 2020”에서 발표한 바 있음.
※ This work was supported by IITP grant funded by Korea Government (MSIT) (No. 2017-0-00486).
· Manuscript received March 25, 2020; Revised May 4, 2020; Accepted May 4, 2020.

Copyright Ⓒ 2020 Korean Institute of Broadcast and Media Engineers. All rights reserved.
“This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons BY-NC-ND (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and not altered.”

I. 서 론

최근 5G 모바일 인프라와 UHD(Ultra HD)의 고화질의 실감 미디어 서비스가 빠르게 확산되고 360 VR(Virtual Reality)/6DoF(Degree of Freedom) 등 몰입형 비디오 서비스가 부각 되면서 보다 높은 압축 성능의 비디오 코덱의 필요성이 제기되고 있다. 이에 따라 ITU-T VCEG과 ISO/IEC MPEG은 JVET(Joint Video Experts Team)을 구성하고 HEVC(High Efficiency Video Coding)보다 2배의 압축 효율을 갖는 차세대 비디오 코덱 VVC(Versatile Video Coding)의 표준화를 진행하고 있으며 올해 완료할 예정이다.

최근 VVC CD(Committee Draft)와 VTM(VVC Test Model)6.0이 배포되었고 VTM6.0은 HEVC 대비 38%의 BD-rate(Bjontegaard Delta bitrate) 성능 향상을 보이며 약 9배/2배의 부호화/복호화 복잡도 증가를 보이고 있다[1-2].

VVC는 다양한 기술의 채택으로 높은 압축 성능 향상을 보이고 있다. 특히, 보다 더 유연해진 블록분할 구조와 화면내 예측모드의 증가는 높은 성능 향상에 일조하고 있다. HEVC에서 하나의 프레임은 동일 크기의 CTU(Coding Tree Unit)로 분할되어 하나의 휘도 CTB(Coding Tree Block)와 두 개의 색차 CTB로 구성된다. 각 CTB는 재귀적 분할 구조로 CU(Coding Unit), PU(Prediction Unit), TU(Transform Unit)를 갖고 비용 탐색 과정을 거쳐 최적의 부호화 블록 단위를 결정한다. VVC의 블록분할 구조는 HEVC에서의 CU, PU, TU의 개념을 단일화한 MTT (Multi-Type Tree) 구조를 가진다. MTT는 그림 1과 같이 QT(Quad Tree), BT(Binary Tree), TT(Ternary Tree)로 구성되며 분할된 각 블록은 그 자체가 하나의 CU로서 예측 및 변환 부호화를 모두 수행한다. 또한 33개의 방향성예측 모드를 가지는 HEVC와 달리, VVC는 65개의 방향성을 가지는 화면내 예측을 수행한다. 따라서, 유연하고 다양한 CU 분할구조와 더불어 2배로 늘어난 방향성 예측에 의해 부호화 성능이 크게 증가하였다. 하지만, 재귀적인 블록분할과 각 블록에 대한 다양한 예측을 수행하여 비용 탐색 과정을 거쳐 최적의 블록 및 예측모드를 결정하기 때문에, 부호화 복잡도가 상당히 증가한다.

최근 증가한 복잡도를 줄이기 위한 다양한 부호화 복잡도 감소 기법이 제시되고 있다[3-9]. [4]는 부호화 복잡도를 줄일 수 있는 다양한 관점에서의 전략과 기본적인 실험결과를 보여준다. [8]은 블록의 텍스처(texture) 정보와 주변 블록을 이용한 블록분할 및 예측모드 결정 기법을 제시한다. 먼저 블록의 텍스처 정보를 활용하여 블록분할 구조를 오프라인으로 학습하여 블록분할을 결정한다. 높은 정확성으로 블록구조를 결정할 수 있지만, 오프라인학습으로 블록분할을 결정하기 때문에 학습에 의존적일 수 있다. 다음으로 기울기감소탐색(Gradient Descent Search) 알고리즘을 이용하여 현재블록에 적합한 화면내 예측모드를 구성하여 화면내 예측모드를 결정한다. 주변블록을 이용하여 기울기감소탐색을 수행하기 때문에 주변블록에 대한 의존성이 존재할 수 있으며, 복호화기에서는 별도의 탐색을 통한 후보 리스트를 구성해야 한다. [9]는 블록의 율-왜곡(Rate-Distortion: RD) 비용을 참조하여 TT분할을 결정하는 기법을 제안한다. 실제로 발생한 율-왜곡 비용을 활용하여 하위 블록분할 구조를 결정하기 때문에 정확성이 높은 블록분할 결정을 할 수 있으나, 상위 분할구조의 율-왜곡 비용을 참조하기 때문에 상위블록에 대한 의존성이 존재할 수 있으며 병렬 부호화에 영향을 줄 수 있다.

본 논문에서는 고속 부호화 알고리즘에서 발생할 수 있는 의존성을 최소화하고, 기존 부호화기에서 사용되는 블록 특성 분류 기법을 활용하여 현재블록의 텍스처를 파악함으로써 블록분할 구조와 예측모드를 고속으로 결정하는 기법을 제안한다.

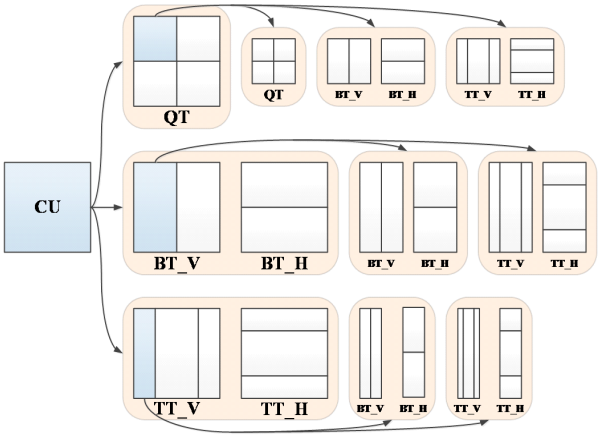

그림 1. VVC의 재귀적 블록분할 구조
Fig. 1. Recursive structure of block partitioning in VVC

II. VVC의 블록분할과 화면내 예측모드

VVC의 블록분할은 재귀적으로 수행되며, 분할 가능한 모든 블록들에 대하여 다양한 예측모드를 수행하여 최적의 블록과 예측모드를 결정한다. 즉, 재귀적 분할구조를 통해 모든 가능한 블록에 대하여 예측, 변환, 양자화, 엔트로피 부호화 과정을 거쳐 최적의 율-왜곡 비용을 갖는 예측모드와 블록분할이 선택된다. 그림 1은 VVC의 재귀적 분할구조를 보여준다. QT 분할구조만을 갖는 HEVC와 달리, VVC는 재귀적인 BT 및 TT를 수행하며 높은 복잡도를 야기한다. 또한, 그림 2와 같이 VVC의 방향성 예측은 HEVC의 두 배로 늘었기 때문에, RD 비용을 탐색해야 하는 모드 수의 증가로 복잡도를 증가시킨다.

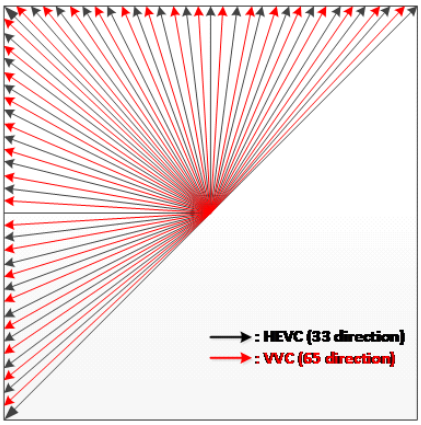

그림 2. HEVC와 VVC의 방향성 화면내 예측
Fig. 2. Directional intra prediction modes in HEVC and VVC

본 논문에서는 현재블록내 화소의 수평 및 수직 기울기를 이용함으로써 블록의 특성을 파악하여 화면내 예측모드 및 블록분할을 빠르게 결정하는 고속 결정기법을 제시한다.

III. 제안하는 고속 결정기법

1. 블록 기울기 계산

블록내 화소의 수평 및 수직 기울기(gradient)는 블록의 에지(edge) 특성을 파악하는데 이용할 수 있다. 실제로 VVC의 인-루프 필터(In-loop filter) 기술 중 하나인 ALF (Adaptive Loop Filter)는 블록내 화소의 수평 및 수직 기울기를 이용하여, 블록내 에지의 방향성과 활동성(Activity)을 판별하여 블록을 분류함으로써 적합한 필터 계수를 선택하는데 활용된다[10]. 본 논문에서는 ALF의 블록 분류 방법과 유사한 방법으로, 블록내 에지를 판단한다. 1D-라플라시안(Laplacian) 기울기는 수직 및 수평에 대해 계산되며, 블록내 복잡도를 의미할 수 있는 활동성은 두 기울기의 합으로 정의된다. 기울기 g_h, g_v와 활동성 A은 다음과 같이 계산된다.

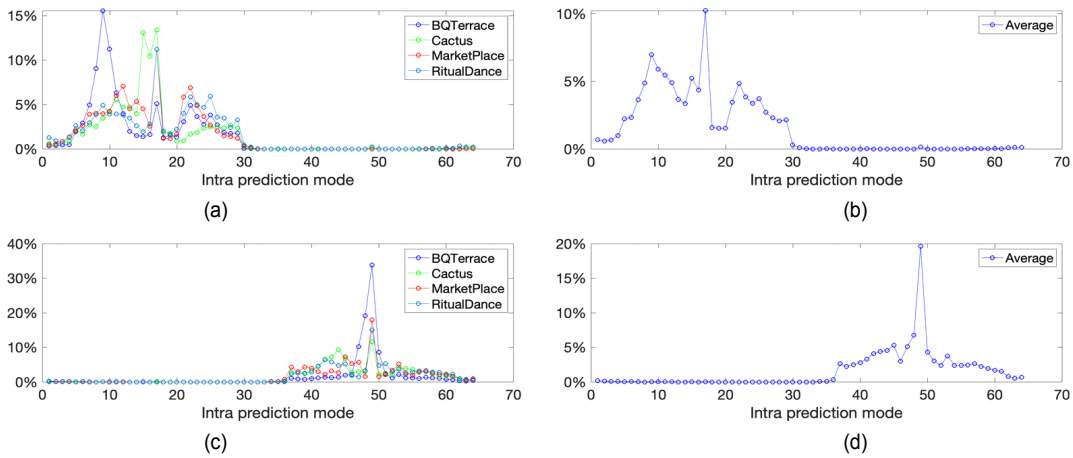

그림 3. 각 시퀀스별 화면내 예측모드 분포와 평균 화면내 예측모드 분포((a), (b) $D=d_h$; (c), (d) $D=d_v$)
Fig. 3. Modes distributions of each sequences and averaged distributions ((a), (b) $D=d_h$; (c), (d) $D=d_v$)

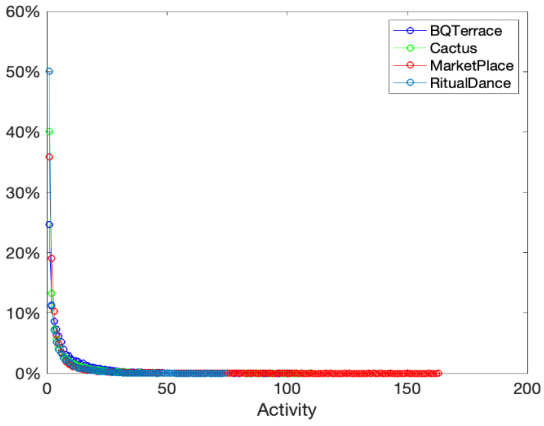

그림 4. 최적블록의 활동성 분포와 T_A
Fig. 4. Activity distributions of the best blocks and T_A

$$g_h = \frac{1}{N}\sum_{i=0}^{W}\sum_{j=0}^{H}|2I(i,j) - I(i-1,j) - I(i+1,j)|, \quad (1)$$

$$g_v = \frac{1}{N}\sum_{i=0}^{W}\sum_{j=0}^{H}|2I(i,j) - I(i,j-1) - I(i,j+1)|, \quad (2)$$

$$A(Activity) = (g_h + g_v) \gg 1. \quad (3)$$

여기서, $I(i,j)$는 (i,j) 화소위치에서의 화소값을 의미한다. N은 현재블록의 모든 샘플의 수를 의미하며, W와 H는 각각 현재블록의 너비와 높이를 의미한다.

계산된 두 기울기는 현재블록의 특성을 분류하는데 사용된다. 만약 g_h가 g_v보다 클 경우, 현재블록의 에지는 수직성이 강하다고 볼 수 있고, 반대로 g_v가 g_h보다 클 경우, 수평성이 강하다고 볼 수 있다. 본 논문에서는 두 기울기의 비교를 위해 식 (4)와 같이 임계값을 곱하여 현재블록의 방향성을 결정한다.

$$D(Direction) = \begin{cases} dv, & if \quad g_h > T_g * g_v \\ d_h, & else\ if \quad g_v > T_g * g_h, \\ none, & else \end{cases} \quad (4)$$

여기서, T_g는 두 기울기의 비교를 위한 임곗값으로 방향성의 강도를 결정할 수 있다. 또한 T_g는 제안하는 기법에서 D에 의해 블록분할과 화면내 예측모드가 결정되기 때문에 고속화의 정도 또한 조절할 수 있다.

2. 화면내 예측모드 결정

본 논문에서는 현재블록내 화소의 수평 및 수직 기울기를 계산하여 식 (4)에 의해 블록내 에지의 방향성 D를 결정한다. 현재블록의 특성을 나타내는 D와 화면내 예측모드와의 상관성을 알기 위해, VVC CTC(Common Test Conditons)[11]의 4개의 Full HD 시퀀스를 이용하여 최적으로 선택된 블록의 D와 화면내 예측모드의 관계를 관찰하였다. 그림 3은 D에 따른 화면내 예측모드의 분포를 보여준다. {(a), (c)}는 각 시퀀스별 화면내 예측모드의 분포를 보여주며, {(b), (d)}는 모든 시퀀스의 평균을 보여준다. 그림 3과 같이, D는 d_h일 때, 34번 방향성 모드보다 작은 모드들이 98%를 차지하였고, 반대로는 34번 방향성 모드보다 큰 모드들이 99%를 차지하였다. 즉, 현재블록의 에지가 수평성이 강하면 수평 방향성의 모드 발생확률이 높고, 에지가 수직성이 강하면 수직 방향성 모드의 발생확률이 높음을 확인할 수 있다. 따라서, 본 논문에서는 현재블록이 D에 의해 특정 방향성을 띨 경우, 해당 방향성에 반대되는 화면내 예측모드에 대해서는 탐색을 생략한다. 예를 들어, D는 d_v 일 때, 수직성이 강하다고 볼 수 있으므로, 수평 방향의 화면내 예측모드에 대한 비용 탐색은 생략한다.

3. 블록분할 결정

블록분할의 결정은 식 (4)에 의해 결정된 D 뿐만 아니라 식 (3)에 의해 계산된 A 또한 이용하여 블록분할을 결정한다. D는 블록내 에지의 방향성을 의미할 수 있고, A는 블록내 에지의 복잡도를 의미할 수 있다. 따라서 D는 생략할 블록분할을 결정할 수 있고, A는 블록분할 생략의 수행 여부를 결정할 수 있다. 예를 들어, D가 d_v 일 때, 현재블록은 수직성이 강하다고 볼 수 있으므로, 그림 1의 BT_H 및 TT_H와 같은 수평 방향의 블록분할을 생략할 수 있다. 하지만 단순히 D에 의한 블록분할의 결정은 막대한 부호화 성능 감소를 야기할 수 있기 때문에, A를 이용하여 블록분할 결정의 정도를 조절한다. 다시 말해, 블록분할 결정은 A가 임곗값 T_A보다 작을 경우에만 수행한다. 여기서, T_A는 실험적으로 결정된 임곗값으로, 그림 4와 같이 최적으로 선택된 블록들의 A를 관찰한 결과 90% 이상의 블록이 150

이하의 값을 갖는 것을 확인할 수 있었다.

그림 5와 6은 제안하는 기법에 의한 화면내 예측모드 및 블록분할을 결정하는 방법과 순서도를 보여준다. 현재블록이 수직성이 강할 경우, 수평의 화면내 예측모드 및 수평 분할을 생략하며, 반대로 수평성이 강할 경우, 수직의 화면내 예측모드 및 수평 분할을 생략한다.

Ⅳ. 실험 결과

제안하는 기법은 VVC의 CTC[11] 기반의 VTM6.0[2]에 구현하여 All-Intra 환경에서 성능을 확인하였다. VTM6.0의 테스트 시퀀스는 전체 프레임의 클래스 C, D를 사용하였으며 클래스 C는 {BasketballDrill, BQMall, PartyScene,

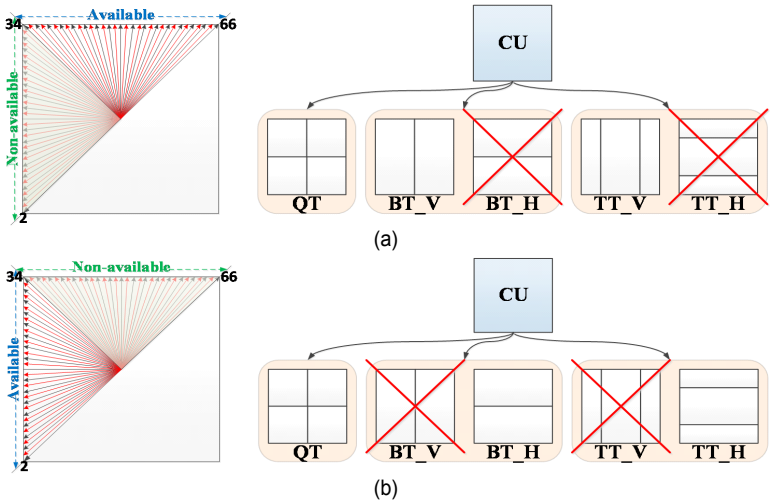

그림 5. 제안하는 기법의 적용 예 (a) D는 d_h일 때의 예 (b) D는 d_v일 때의 예

Fig. 5. Examples of the proposed method (a) an example when D is d_h (b) an example when D is d_h

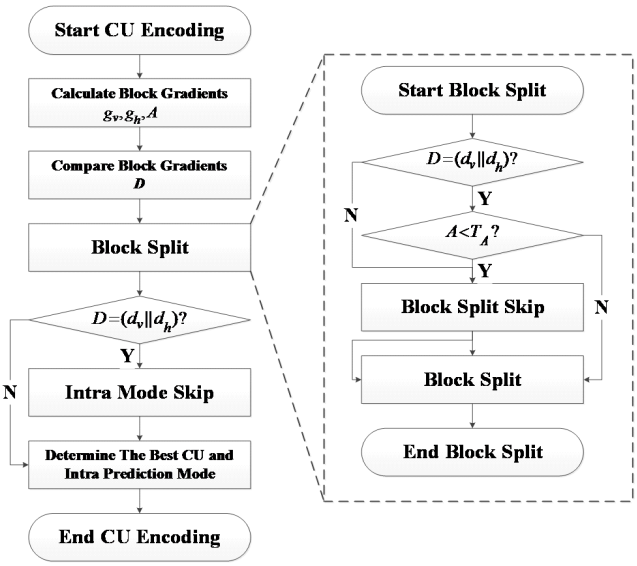

그림 6. 제안하는 기법의 순서도

Fig. 6. The flowchart of the proposed method

RaceHorsesC}, 클래스 D는 {BasketballPass, BQSquare, BlowingBubbles, RaceHorses}로 구성된다. 또한 QP는 {22, 27, 32, 37}로 설정하였다. 성능의 비교는 BD-rate과 부호화 복잡도를 사용하여 비교되었다. 본 논문에서는 블록의 두 기울기 비교를 위한 임곗값 를 변화시켜 BD-rate와 부호화 시간 감소의 관계를 관찰함으로써 부호화 성능과 복잡도 사이의 적절한 절충점을 관찰하고자 하였다. T_g는 {1, 2, 3, 4}로 식(4)에 적용되어 실험되었다. 부호화 시간 감소(T_{red})는 다음과 같이 측정되었다.

$$T_{red} = \frac{T_{anc} - T_{prop}}{T_{anc}} \times 100(\%), \qquad (5)$$

여기서, T_{anc}는 VTM6.0의 부호화 시간이고, T_{prop}는 제안하는 기법의 부호화 시간을 의미한다. 표 1과 그림 7은 제안하는 기법의 실험결과를 보여준다. T_g가 1일 때, 65%의 복잡도 감소와 3.54%의 부호화 성능 감소를 보여주고, 2일 때, 21%의 복잡도 감소와 0.85%의 부호화 성능 감소를 보여준다. 따라서 부호화 성능과 복잡도 사이의 절충점은 두 임계값 사이에 있을 것으로 예상된다.

V. 결 론

본 논문에서는 블록 기울기 기반의 화면내 예측모드 및 블록분할 고속 결정 기법을 제안하였다. 블록 기울기와 화면내 예측모드의 관계를 분석하고 이를 바탕으로 화면내 예측모드의 율-왜곡 비용 탐색을 생략하고, 블록의 활동성을 이용하여 특정 방향의 블록분할을 생략함으로써 함으로써 부호화 복잡도를 절감할 수 있었다.

표 1. 제안하는 기법의 실험결과
Table 1. Experimental results of the proposed method

Class	Sequence	The proposed method without activity							
		Tg = 1		Tg = 2		Tg = 3		Tg = 4	
		BD-rate Y	Tred	BD-rate Y	Tred	BD-rate Y	Tred	BD-rate Y	Tred
Class C (832x480)	BasketballDrill	6.03%	35%	1.29%	81%	0.55%	91%	0.18%	97%
	BQMall	4.46%	31%	1.56%	71%	0.76%	84%	0.38%	91%
	PartyScene	3.21%	32%	0.62%	79%	0.21%	90%	0.11%	95%
	RaceHorsesC	2.95%	35%	0.47%	90%	0.17%	96%	0.04%	99%
Class D (480x240)	BasketballPass	4.15%	33%	1.36%	63%	0.53%	79%	0.31%	85%
	BQSquare	4.31%	30%	0.82%	79%	0.22%	91%	0.09%	93%
	BlowingBubbles	3.30%	32%	0.62%	76%	0.18%	89%	0.09%	93%
	RaceHorses	3.52%	36%	0.85%	79%	0.23%	89%	0.07%	91%
Average	Class C	4.16%	33%	0.99%	80%	0.42%	90%	0.18%	96%
	Class D	3.82%	32%	0.92%	74%	0.29%	87%	0.14%	91%
	Overall	3.99%	33%	0.96%	77%	0.36%	89%	0.16%	94%

Class	Sequence	The proposed method with activity (A=150)							
		Tg = 1		Tg = 2		Tg = 3		Tg = 4	
		BD-rate Y	Tred	BD-rate Y	Tred	BD-rate Y	Tred	BD-rate Y	Tred
Class C (832x480)	BasketballDrill	5.48%	36%	1.10%	83%	0.45%	91%	0.15%	97%
	BQMall	4.30%	32%	1.47%	72%	0.68%	85%	0.33%	92%
	PartyScene	2.78%	35%	0.57%	81%	0.20%	91%	0.09%	96%
	RaceHorsesC	2.73%	35%	0.43%	91%	0.13%	96%	0.06%	98%
Class D (480x240)	BasketballPass	3.92%	33%	1.28%	63%	0.54%	80%	0.33%	85%
	BQSquare	2.72%	38%	0.54%	82%	0.14%	92%	0.06%	93%
	BlowingBubbles	3.05%	33%	0.61%	76%	0.17%	90%	0.07%	92%
	RaceHorses	3.35%	36%	0.77%	79%	0.23%	90%	0.05%	91%
Average	Class C	3.82%	34%	0.89%	82%	0.37%	91%	0.16%	96%
	Class D	3.26%	35%	0.80%	75%	0.27%	87%	0.12%	90%
	Overall	3.54%	35%	0.85%	79%	0.62%	89%	0.14%	93%

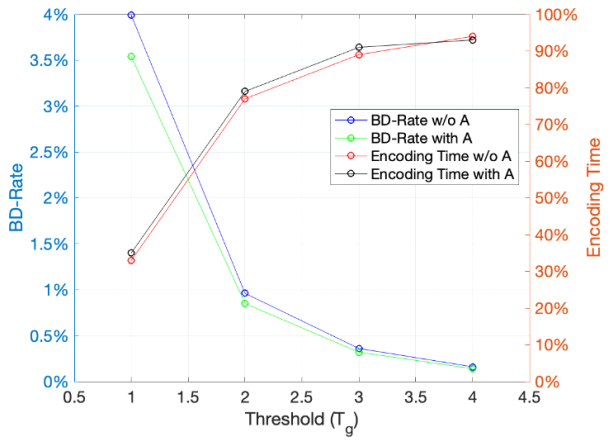

그림 7. 제안하는 기법의 실험결과
Fig. 7. Overall performance of the proposed method

실험결과 AI 부호화 구조에서 65%의 부호화 시간 절감과 3.54%의 부호화 성능 감소를 보여줬다. 본 논문에서는 블록의 기울기를 사용하여 식별한 블록의 특성을 바탕으로 화면내 예측모드 및 블록분할을 결정함으로써 부호화 시간이 감소될 수 있음을 확인하였다. 또한, 복잡도 감소와 부호화 성능간의 절충점을 확인하기 위하여, 블록분할을 위한 임계값을 다양하게 설정하여 실험결과를 확인하였다. 본 논문에서 제시된 실험결과를 바탕으로 보다 적절한 절충점을 찾고 정밀한 블록 특성 분석 방법을 이용하여 부호화 성능 감소를 최소화할 수 있는 복잡도 감소 기법에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

참 고 문 헌 (References)

[1] B. Bross, J. Chen, S. Liu and Y.-K. Wang, "Versatile Video Coding (Draft 6)," *Joint Video Experts Team of ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11*, JVET-P2001, July 2019.

[2] Available at: https://vcgit.hhi.fraunhofer.de/jvet/VVCSoftware_VTM/-/tags

[3] T. Fu, H. Zhang, F. Mu and H. Chen, "Fast CU Partitioning Algorithm for H.266/VVC Intra-Frame Coding," *Proceeding of IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME)*, Shanghai, China, pp.55-60, 2019, https://doi.org/10.1109/ICME.2019.00018

[4] A. Wieckowski, J. Ma, H. Schwarz, D. Marpe and T. Wiegand, "Fast Partitioning Decision Strategies for The Upcoming Versatile Video Coding (VVC) Standard," *Proceeding of IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, Taipei, Taiwan, pp.4130-4134, 2019, https://doi.org/10.1109/ICIP.2019.8803533

[5] Z. Wang, S. Wang, J. Zhang, S. Wang and S. Ma, "Probabilistic Decision Based Block Partitioning for Future Video Coding," *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol.29, No.3, pp.1475-1486, March 2018, https://doi.org/10.1109/TIP.2017.2778564

[6] A. Tissier, A. Mercat, T. Amestoy, W. Hamidouche, J. Vanne and D. Menard, "Complexity Reduction Opportunities in the Future VVC Intra Encoder," *Proceeding of IEEE 21st International Workshop on Multimedia Signal Processing (MMSP)*, Kuala Lumpur, Malaysia, pp.1-6, 2019, https://doi.org/10.1109/MMSP.2019.8901754

[7] Z. Jin, P. An, C. Yang and L. Shen, "Fast QTBT Partition Algorithm for Intra Frame Coding through Convolutional Neural Network," *IEEE Access*, Vol. 6, pp. 54660-54673, 2018, https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2872492

[8] H. Yang, L. Shen, X. Dong, Q. Ding, P. An, and G. Jiang, "Low Complexity CTU Partition Structure Decision and Fast Intra Mode Decision for Versatile Video Coding," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 2019, https://doi.org/10.1109/TCSVT.2019.2904198

[9] S.-H. Park and J.-W, Kang, "Context-Based Ternary Tree Decision Method in Versatile Video Coding for Fast Intra Coding," *IEEE Access*, Vol. 7, pp. 172597-172605, 2019, https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2956196

[10] J. Chen, Y. Ye and S. Kim, "Algorithm description for Versatile Video Coding and Test Model 6," *Joint Video Experts Team of ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11*, JVET-O2002, July 2019.

[11] F. Bossen, J. Boyce, X. Li. V. Sergin and K. Sühring, "JVET common test conditions and software reference configurations for SDR video," *Joint Video Experts Team of ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11*, JVET-N1010, March 2019.

저 자 소 개

윤 용 욱

- 2017년 2월 : 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부 학사
- 2019년 2월 : 한국항공대학교 항공전자정보공학과 석사
- 2019년 3월 ~ 현재 : 한국항공대학교 항공전자정보공학과 박사과정
- ORCID : https://orcid.org/0000-0002-5105-5437
- 주관심분야 : 비디오 부호화, 영상처리, 360 VR 비디오, 머신러닝

박 도 현

- 2016년 2월 : 국립한밭대학교 멀티미디어공학과 학사
- 2018년 3월 : 한국항공대학교 항공전자정보공학과 석사
- 2018년 3월 ~ 현재 : 한국항공대학교 항공전자정보공학과 박사과정
- ORCID : https://orcid.org/0000-0002-5873-0132
- 주관심분야 : 비디오 부호화, 영상처리, 360 VR 비디오, 머신러닝

김 재 곤

- 1990년 2월 : 경북대학교 전자공학과 학사
- 1992년 2월 : KAIST 전기 및 전자공학과 석사
- 2005년 2월 : KAIST 전기 및 전자공학과 박사
- 1992년 3월 ~ 2007년 2월 : 한국전자통신연구원(ETRI) 선임연구원/팀장
- 2001년 9월 ~ 2002년 11월 : Columbia University 연구원
- 2007년 9월 ~ 현재 : 한국항공대학교 항공전자정보공학부 교수
- 2014년 12월 ~ 2016년 1월 : UC San Diego 방문교수
- ORCID : https://orcid.org/0000-0003-3686-4786
- 주관심분야 : 비디오 신호처리, 비디오 부호화 표준, Immersive Video, Deep Learning