

특집논문 (Special Paper)

방송공학회논문지 제23권 제4호, 2018년 7월 (JBE Vol. 23, No. 4, July 2018)

<https://doi.org/10.5909/JBE.2018.23.4.495>

ISSN 2287-9137 (Online) ISSN 1226-7953 (Print)

차세대 비디오 부호화 실험모델(JEM)의 화면내 예측 모드 부호화 기법

박도현^{a)}, 이진호^{b)}, 강정원^{b)}, 김재곤^{a)†}

A Method of Intra Mode Coding for Joint Exploration Model (JEM)

Dohyeon Park^{a)}, Jinho Lee^{b)}, Jung Won Kang^{b)}, and Jae-Gon Kim^{a)†}

요약

HEVC(High Efficiency Video Coding) 보다 뛰어난 압축 성능을 갖는 차세대 비디오 부호화 표준 후보 기술에 대한 탐색과 검증을 진행한 JVET(Joint Video Exploration Team)은 기술 검증을 위한 참조 SW 코덱인 JEM(Joint Exploration Model)을 공개하였다. JEM은 HEVC의 35개 보다 증가한 67개의 화면내 예측 모드를 사용하고 있으며, 이에 따른 예측 모드 부호화에 대한 부담으로 부호화 성능 개선에 제한이 따른다. 본 논문에서는 화면내 예측 모드의 선택 확률을 분석하고, 이를 바탕으로 보다 효율적인 화면내 예측 모드 부호화 기법과 그 기법의 효율적인 엔트로피 부호화를 위한 문맥 모델링 기법을 제안한다. 실험결과 제안 기법은 AI(All Intra) 부호화 구조에서 JEM 7.0 대비 0.02%의 BD-rate 이득을 보였으며, 향후 추가적인 성능 향상을 위한 문맥 모델링 최적화에 대한 연구가 필요하다.

Abstract

JVET (Joint Video Exploration Team) which explored evolving technologies of video coding with capabilities beyond HEVC (High Efficiency Video Coding), released a references software codec named the Joint Exploration Model (JEM) for performance verification of coding technologies. JEM has 67 intra prediction modes that extend the 35 modes of HEVC for intra prediction. Therefore, the enhancement of the coding performance is limited due to the overhead of prediction mode coding. In this paper, we analyze the probabilities of prediction modes selections, and then we propose a more efficient intra prediction mode coding based on the results of analyzed mode occurrence. In addition, we propose a context modeling for CABAC (Context-Adaptive Binary Arithmetic Coding) of the proposed mode coding. Experimental results show that the BD-rate gain is 0.02% on the AI (All Intra) coding structure compared to JEM 7.0. We need to optimize context modeling for additional coding performance enhancement.

Keyword : JVET, JEM, VVC, Intra mode coding, Most Probable Mode

a) 한국항공대학교 항공전자정보공학부(Korea Aerospace University, School of Electronics and Information Engineering)

b) 한국전자통신연구원(ETRI)

† 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 연구 결과 중 일부는 “제 30회 영상처리 및 이해에 관한 워크숍(IPIU 2018)”에서 발표한 바 있음.

※ 이 논문은 2017년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2016-0-00572).

※ This work was supported by IITP grant funded by the Korea government (MSIT) (No. 2016-0-00572).

※ Parts of this work have been published in the 30th Workshop on Image Processing and Image Understanding (IPIU 2018).

· Manuscript received May 5, 2018; Revised July 2, 2018; Accepted July 2, 2018.

I. 서론

최근 5G 인프라의 진화와 함께 4K/8K UHD, 360 비디오/VR 등 초실감미디어에 대한 산업계의 요구와 관심이 높아지고 있다. 이에 따라 MPEG(Moving Picture Experts Group)과 VCEG(Video Coding Experts Group)은 공동으로 JVET(Joint Video Expert Team)을 구성하여 기존 HEVC(High Efficiency Video Coding)^[1]의 부호화 성능을 넘어선, 즉 동일한 주관적 화질에서 HEVC 대비 50%의 비트율 감소를 목표로 한 새로운 비디오 부호화 표준화를 진행하고 있다. 본격적인 표준화 이전 단계로 새로운 후보 부호화 기술의 탐색 및 검증 작업을 진행하였으며^[3-5] 이를 위한 참조 소프트웨어 코덱인 JEM(Joint Exploration Model)을 공개하였다^[2]. 2018년 4월 제 10차 JVET 회의에서 CfP(Call for Proposal) 응답 기술에 대해 검토를 바탕으로 주요 부호화 기술의 비교, 검증 등의 표준화 작업을 위하여 CE(Core Experiment)를 설정하였으며, 새로운 부호화 표준의 이름을 VVC(Versatile Video Coding)으로 명명하고 본격적인 표준화를 시작하였다.

화면내 예측 부호화를 위하여 JEM에서는 HEVC의 35개의 예측 모드^[1]에서 두 배 가까이 증가한 67개의 예측 모드를 사용하여 부호화 성능을 높이고 있다. 하지만 증가된 예측 모드의 시그널링(signaling)에 대한 부담으로 부호화 성능 개선에 제한이 따른다.

본 논문에서는 화면내 예측 모드의 선택 확률을 기반으로 보다 효율적인 예측 모드 부호화 기법을 제안한다^[6]. 본 논문의 제 2장에서는 JEM의 화면내 예측 모드 부호화를 설명하고, 제 3장에서는 제안된 화면내 예측 모드 부호화 기법과 그 시그널링의 효율적인 엔트로피 부호화를 위한 문맥 모델링 기법을 기술한다. 제 4장에서는 제안 기법의 실험 결과를 보이고, 마지막 제 5장에서 결론을 맺는다.

II. JEM의 화면내 예측 모드 부호화

JEM의 밝기 성분의 화면내 예측에선 DC 모드와 HEVC의 Planar 모드의 예측 화소 값을 화소 위치에 따라 다르게

값을 갱신하는 Planar-PDPC(Position Dependent Prediction Combination, P-PDPC) 모드에 추가적으로 그림 1과 같이 HEVC의 33가지의 방향성 모드에서 확장된 65가지의 방향성 모드를 포함한 총 67가지의 화면내 예측 모드를 제공한다^[7,8]. 또한, 확장된 예측 모드의 효율적인 표현을 위해 HEVC의 3개의 MPM(Most Probable Mode)에서 확장된 6개의 MPM을 이용하여 화면내 예측 모드 부호화를 수행한다.

색차 성분의 화면내 예측은 부호화를 수행하는 해당 색차 성분 블록의 주변 위치의 화면내 예측 모드와 해당 색차 성분 블록과 대응하는 밝기 성분의 화면내 예측 모드 그리고 성분간 선형 모델 예측 모드로 구성된 총 11가지의 화면내 예측 모드로 수행한다.

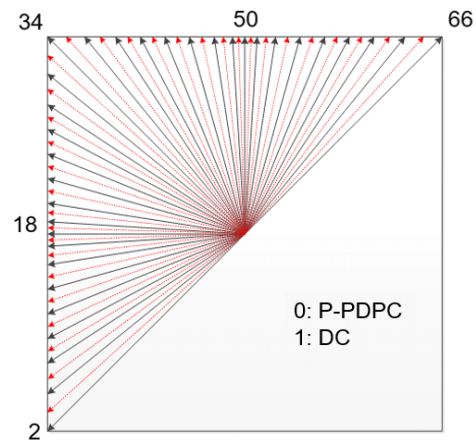


그림 1. JEM의 화면내 예측 모드
Fig. 1. Intra prediction of JEM

본 장에서는 JEM의 밝기 성분에 대한 화면내 예측 모드 부호화를 위한 MPM 유도 방법과 CABAC(Context-based Adaptive Binary Arithmetic Coding) 엔트로피 부호화를 위한 이진화 및 문맥 모델링 방법을 설명하고 선택되는 화면내 예측 모드를 확률적으로 분석한다.

1. JEM의 MPM 유도

JEM의 MPM 구성은 다음의 3단계 절차를 거치게 된다. 첫 단계에서는 주변 블록의 화면내 예측 모드와 DC/P-PDPC 모드로 MPM을 결정한다. 그림 2에서 보이는 주

변 블록 위치와 해당 위치의 화면내 예측 모드 BL, L, AL, A, AR을 주변 블록의 화면내 예측 모드로 사용하고 L, A, DC, P-PDPC, BL, AR, AL 순서로 MPM이 결정된다. 다음 단계는 첫 단계에서 결정된 화면내 예측 모드 중 방향성 모드에 대해서만 오프셋을 적용하여 해당 모드의 주변 방향성 모드로 MPM이 결정되고 마지막 단계는 미리 정해진 수직, 수평, 대각 방향성 모드로 결정된다.

MPM이 6개 모두 채워질 때까지 위와 같은 구성 단계가 수행되고 MPM 결정에 사용되는 주변 블록의 화면내 예측 모드를 사용할 수 없거나 구성되는 모드가 이미 결정된 MPM과 같은 모드일 경우에는 해당 모드를 MPM에 제외한다.

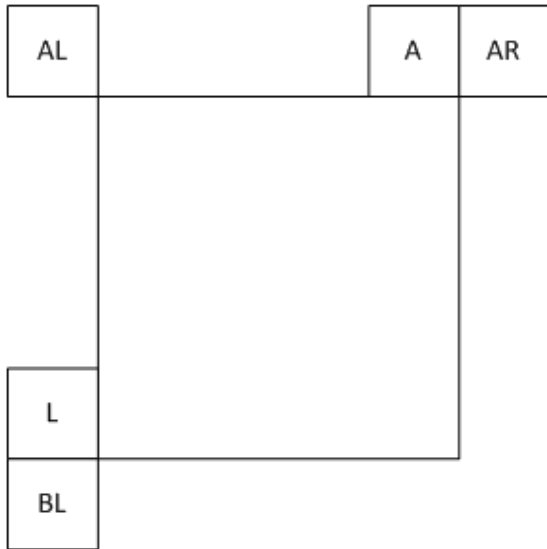


그림 2. 주변 블록의 화면내 예측 모드
 Fig. 2. Intra prediction mode of neighboring blocks

2. JEM의 화면내 예측 모드 이진화 및 문맥 모델링

JEM의 수행되는 화면내 예측 모드를 하나로 특정하여 시그널링 하기 위해 각 화면내 예측 모드의 인덱스에 대한 이진화를 수행한다. 또한, 특정된 모드에 해당하는 이진 심볼들의 엔트로피 부호화를 위한 문맥 모델링이 필요하다. 화면내 예측 모드를 표현하기 위해서 MPM에 속한 화면내 예측 모드는 현재 예측 모드의 MPM 존재 여부를 지시하는 MPM 플래그와 결정된 6개의 MPM 중 몇 번째에 속하는지를 알려주는 MPM 인덱스를 이용하여 표현한다. 표 1과 같이 MPM 플래그는 1비트 할당되고 MPM 인덱스는 절삭된 단항 이진화로 6개의 모드에 비트를 할당한다.

6개의 MPM을 제외한 나머지 61개의 화면내 예측 모드에 대한 이진화는 다음과 같다. 67개의 화면내 예측 모드에서 MPM에 속한 모드 번호를 제외하고 선택 모드 셋(set), 비-선택 모드 셋 두개의 셋으로 분류한다. 선택 모드 셋은 총 16개의 모드를 가지며 {0, 4, 8, 12, 16, ..., 60} 번째의 모드로 구성하고 비-선택 모드 셋은 선택 모드 셋에 속하지 않은 나머지 모드로 구성된다. 선택 모드 셋은 4 비트의 고정 길이 이진화(Fixed length binarization)를 수행하고 비-선택 모드 셋은 5 ~ 6 비트를 가지는 절삭된 이진 이진화(Truncated binary binarization)를 수행한다.

MPM과 관련된 이진 심볼의 엔트로피 부호화를 위한 확률 모델은 MPM 플래그에 대한 확률 모델 1개와 MPM 인덱스에 대한 확률 모델 3개로 구성된다. MPM 인덱스에 대한 확률 모델은 DC/P-PDPC 모드, 2 ~ 34 번 방향성 모드, 35 ~ 67 번 방향성 모드로 확률 모델을 3 개로 구분하고 엔트로피 코딩을 수행할 심볼이 지시하는 MPM 모드에 따라 해당 심볼의 확률 모델을 결정한다.

표 1. JEM의 MPM 이진화
 Table 1. MPM binarization in JEM

	MPM flag	non MPM set flag	MPM Idx	mode Idx Bins				
MPM	1	X	0	0				
			1	1	0			
			2	1	1	0		
			3	1	1	1	0	
			4	1	1	1	1	0
			5	1	1	1	1	1

표 2 QP, 부호화 환경에 따른 화면내 예측 모드 선택확률(BasketballDrill)
 Table 2 The Probabilities of the selected intra prediction modes according to QP and coding configuration (BasketballDrill)

BasketballDrill (All Intra)(%)							
QP	MPM 0	MPM 1	MPM 2	MPM 3	MPM 4	MPM 5	non MPM
22	35.8	19.5	5.4	9.6	7.2	5.0	17.5
27	34.9	18.8	5.7	9.4	6.2	4.5	20.5
32	32.3	18.5	6.7	9.0	5.7	4.5	23.3
37	30.6	18.8	8.0	7.6	5.0	3.9	26.1
BasketballDrill (Random Access)(%)							
QP	MPM 0	MPM 1	MPM 2	MPM 3	MPM 4	MPM 5	non MPM
22	32.4	16.3	5.1	6.5	5.6	4.0	30.1
27	32.4	16.9	5.5	7.3	5.6	3.9	28.3
32	31.5	16.7	6.2	7.2	4.4	3.4	30.6
37	28.5	17.3	7.0	5.8	4.3	3.4	33.7

3. 화면내 예측 모드 선택 확률

표 2는 BasketballDrill 시퀀스에 대해 4 개의 다른 QP (Quantization Parameter, 22, 27, 32, 37), 다른 부호화 환경에서 화면내 예측 모드 별 발생 확률을 분석한 결과이다. MPM0~5는 순서에 따라 MPM으로 구성된 화면내 예측 모드를 의미한다. 즉, MPM0은 첫 번째로 MPM으로 구성되는 화면내 예측 모드이며 화면분석 결과 MPM0번 예측 모드가 선택될 확률이 다른 모드에 비해서 높음을 확인할 수 있었다. 또한 QP가 작아짐에 따라 MPM0번 모드가 선택될 확률이 점점 증가하는 경향을 확인할 수 있었고 AI(All Intra) 부호화 환경에서 좀 더 두드러지는 차이를 보인다.

III. 제안하는 화면내 예측 모드 부호화

상기 분석된 MPM0번 모드가 다른 모드 보다 선택되는 빈도가 높다는 확률적 특성을 이용하여 본 장에서는 화면내 예측 모드의 선택 빈도를 바탕으로 효율적인 화면내 예측 모드 표현 기법과 문맥 모델링 기법을 제안한다.

1. 효율적인 화면내 예측 모드 표현

표 3과 같이 효율적인 MPM0 모드 표현을 위해 해당 모

드를 지시하는 별도의 지시자(Primary MPM flag: PMPM flag)를 이용한다. 표 1과 같이 JEM에서 MPM0 모드를 표현하기 위해 MPM 플래그 1 비트, MPM 인덱스 1 비트 총 두 비트(심볼)가 필요하다. 제안하는 방법은 표 3과 같이 MPM0 모드를 직접적으로 지시하는 플래그를 추가하여 1 비트만으로 MPM0 모드를 표현한다. PMPM 플래그로 인해 나머지 MPM 모드와 MPM이 아닌 모드에 대해서 1 비트가 추가 할당 된다. 나머지 MPM 모드에는 MPM0번 모드를 제외한 5 가지 모드에 대해서 이진화하여 기존 JEM과 같은 비트를 유지하지만 MPM으로 선택되지 않은 경우에는 여전히 추가 비트에 대한 부담을 가진다. 그림 3은 제안하는 화면내 예측 모드 표현의 복호화 과정이다.

표 3. 제안하는 화면내 예측 모드 표현의 이진 부호
 Table 3. Binary code of the proposed method

	PMPM_flag	MPM_flag	Bins			
MPM0	1	X				
MPM1	0	1	0			
MPM2			1	0		
MPM3			1	1	0	
MPM4			1	1	1	0
MPM5			1	1	1	1
non-MPM		0	non-MPM mode coding			

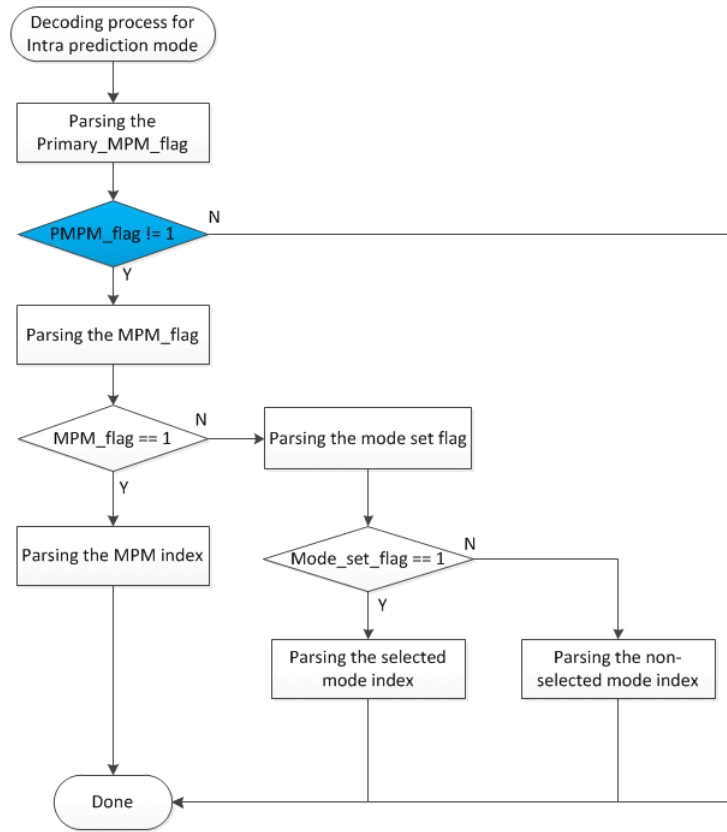


그림 3. 제안하는 화면내 예측 모드 복호화 과정
 Fig. 3. Decoding process of the proposed method

2. 효율적인 화면내 예측 모드 부호화 및 문맥 모델링

CABAC 엔진을 통한 효율적인 엔트로피 부호화를 위해서는 부호화하는 심볼이 MPS(Most Probable Symbol) 또는 LPS(Least Probable Symbol)로 발생할 확률이 높은 조건을 만족해야 한다. 그 조건을 만족하기 위해 PMPM 플래그를 위한 확률 모델을 2개로 확장해 적응적으로 선택하는 기법을 제안한다. 즉, 현재 블록이 PMPM 예측 모드로 부호화 될 확률이 높은 경우와 그렇지 않은 경우로 구분해 각각 다른 문맥 모델을 통해 부호화를 수행한다. (식 1)과 같이 현재 블록의 PMPM 모드와 주변 5개 블록의 화면내

예측 모드와 부합하는 개수가 일정한 임계값 이상일 경우에 문맥 모델 1을 사용하였고 그렇지 않을 경우에 문맥 모델 2를 사용하였다. 5개의 주변 블록의 화면내 예측 모드는 그림 2의 BL, L, AL, A, AR 이고 임계치는 3으로 설정하였다. 임계치가 높아질수록 문맥 모델 1이 선택될 조건에서 MPS의 발생 확률은 높아지지만 해당 조건을 만족하는 경우의 수가 적어지는 특성을 보이고 성능 실험을 통해 적정 임계치를 구하였다.

CABAC 문맥 모델링에서는 각 문맥 모델마다 초기 확률을 설정해야 한다. 초기 확률 설정을 위해 HEVC와 마찬가지로 JEM에서도 8 비트 초기 값(initValue)을 사용 한다. (식 2, 3)을 통해 초기 값으로부터 해당 확률 모델의QP

$$\begin{aligned}
 & \text{if } \text{number of mathing mode} > \text{thres,} && \text{use ContextModel1} \\
 & \text{else,} && \text{use ContextModel2}
 \end{aligned} \tag{1}$$

(Quantization Parameter)와 초기 확률(*initCtxState*)에 대한 선형 모델을 표현하는 기울기(*Slope*)와 오프셋(*Offset*)을 유도한다. (식 4)를 통해서 기울기와 오프셋으로 부터 초기 확률을 유도하며 0 에서 1 사이의 초기 확률을 1 에서 126 사이의 정수 값으로 표현한다.

$$slope = (initValue \gg 4) * 5 - 45 \tag{2}$$

$$offset = (initValue \& 15) \ll 3 - 16 \tag{3}$$

$$initCtxState = Clip(1,126, ((slope * Clip(0,51, QP)) \gg 4) + offset) \tag{4}$$

그림 4는 현재 블록의 PMPM 모드와 주변 블록의 화면 내 예측 모드가 부합하는 수에 따른 현재 블록의 PMPM 선택 확률 분석 결과 이다. 제안하는 문맥 모델의 초기화를 위해 다양한 JVET 테스트 시퀀스와 다양한 QP(22, 27, 32, 37)에서 분석을 진행하였다. 그림 4와 같이 상기 부합수가 높을수록 PMPM이 보다 높은 확률로 선택되는 것을 확인하였고 이를 기반으로 PMPM 플래그의 확률 모델 1은 약 0.7의 초기 확률을 가지는 초기 값(*initValue*: 156)으로 설정하고 확률 모델 2는 약 0.4의 확률을 가지는 초기 값(*initValue*: 153)으로 설정했다.

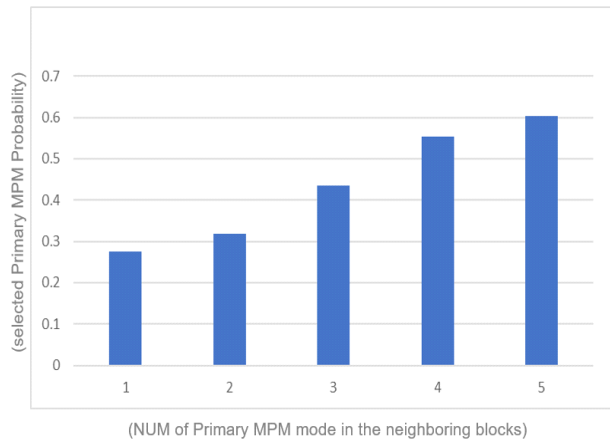


그림 4. 주변 블록에 따른 PMPM 선택 확률
Fig. 4. The probabilities of selected PMPM according to the neighboring blocks

IV. 실험 결과 및 분석

JEM 7.0에 제안 방법을 구현하여 성능을 비교분석 하였다^[9]. All-Intra 모드로 부호화를 진행하였고 JVET CfP(Call for Proposal) 테스트 시퀀스를 실험 영상으로 사용하였다^[10]. UHD 시퀀스는 3820x2160의 해상도를 가지며 HD 시퀀스는 1920x1080의 해상도를 가진다. 각 시퀀스마다 22, 27, 32, 37의 QP로 실험을 진행하였다.

표 4. 제안하는 방법에 대한 실험결과(over JEM 7.0, AI)
Table 4. Experimental result of the proposed method(over JEM 7.0, AI)

		BD-rate (piecewise cubic)			BD-rate (cubic)			Prob. of the PMPM	Prob. of the non-MPM
		Y	U	V	Y	U	V		
UHD	FoodMarket4	-0.01%	0.17%	0.22%	0.04%	0.18%	0.22%	44%	19%
	CatRobot1	-0.02%	-0.12%	-0.09%	-0.02%	-0.13%	-0.08%	32%	23%
	DaylightRoad2	-0.05%	-0.01%	-0.10%	-0.08%	-0.04%	-0.09%	38%	14%
	ParkRunning3	0.00%	0.02%	-0.04%	0.00%	0.01%	-0.02%	39%	17%
	CampfireParty2	-0.02%	-0.12%	0.14%	-0.01%	-0.11%	0.15%	36%	20%
	UHD Total	-0.02%	-0.01%	0.03%	-0.01%	-0.02%	0.04%	38%	19%
HD	BQTerrace	-0.03%	0.21%	0.05%	-0.03%	0.20%	0.01%	38%	17%
	RitualDance	0.01%	0.01%	-0.66%	0.00%	0.06%	-0.69%	37%	24%
	MarketPlace	-0.04%	-0.13%	-0.48%	-0.04%	-0.27%	-0.48%	40%	16%
	BasketballDrive	-0.06%	-0.21%	-0.31%	-0.07%	-0.22%	-0.31%	47%	13%
	Cactus	0.01%	0.01%	0.20%	0.00%	-0.18%	0.23%	37%	19%
	HD Total	-0.02%	-0.02%	-0.24%	-0.03%	-0.08%	-0.25%	40%	18%
Total		-0.02%	-0.02%	-0.11%	-0.02%	-0.05%	-0.11%	39%	18%

표 4는 본 논문이 제안하는 기법에 대한 실험결과를 나타낸다. Y, U, V 성분에서 각각 0.02%, 0.02%, 0.11%의 BD-rate의 감소를 확인할 수 있다. 또한 non-MPM 모드의 발생 확률 18%이고 PMPM 모드의 발생 확률이 평균 39%로 제안한 방법의 모드가 실험에 사용한 모든 시퀀스에서 주요하게 발생하는 것을 확인하였지만 BD-rate 성능은 악화되거나 미미하였다. 이는 기존 JEM에서 하나의 MPM 플래그에 대한 확률이 제안하는 방법을 통해 PMPM 플래그와 MPM 플래그의 확률로 나누어져 비효율적인 CABAC 엔진 부호화로 인한 성능 저하로 분석된다. 하지만 본 논문에서는 화면내 예측 모드 부호화에서 기존 JEM 보다 적은 심볼을 발생시키는 방법을 제안하였고 평균적으로 보다 나은 BD-rate 성능을 가지는 것을 확인하였다. 추가적인 화면내 예측 모드 부호화와 문맥 모델링 기법 연구를 통한 성능 개선이 필요하다.

V. 결론

본 논문에서는 JEM의 MPM의 발생빈도 분석결과를 바탕으로 보다 효율적인 화면내 예측 모드 부호화 기법을 제안하였다. 즉, 상대적으로 발생빈도가 높은 MPM0 모드를 우선적으로 지시하는 Primary MPM 플래그를 추가하고, 주변 블록의 화면내 예측 모드를 이용한 해당 심볼의 효율적인 문맥 모델링으로 예측 모드 시그널링 정보의 오버헤드를 줄이는 화면내 예측 모드 부호화 기법을 제안하였다.

제안 기법은 JEM 7.0 대비 휘도 성분에서 0.02%의 BD-rate 감소를 얻었다. 또한 Primary MPM 모드의 발생 확률은 평균 39%로 제안한 방법의 모드가 실험에 사용한 모든 시퀀스에서 우세하게 발생하는 것을 확인하였다. 제

안 기법은 JEM 뿐만 아니라 앞으로 진행될 VVC에서도 화면내 예측 모드의 발생 빈도와 발생 확률을 기반으로 하는 효율적인 화면내 예측 모드 부호화 기법으로 활용될 수 있을 것이다.

참고 문헌 (References)

- [1] G. Sullivan, J. Ohm, W. Han, T. Wiegand, "Overview of the High Efficiency Video Coding (HEVC) Standard," *IEEE Trans. Circuits System. Video Technol.*, vol. 22, no. 12, Dec. 2012.
- [2] [Online]. Available at: https://jvet.hhi.fraunhofer.de/svn/svn_HMJEM Software/tags/.
- [3] Y. Yoon, D. Park, J. Kim, "A Fast Decision Method of Quadtree plus Binary tree (QTBT) Depth in JEM," *Journal of Broadcast Engineering*, Vol. 22, No 5, Sep. 2017.
- [4] D. Park, Y. Yoon, J. Lee, J. Kim, "A Merge Candidates Derivation Method Using Alternative Motion Information," In Proc. IPIU 2018, Jeju, Republic of Korea, Feb. 2018.
- [5] D. Park, J. Do, J. Kang, J. Kim, "A Block Shape Based Merge Candidates Derivation Method in JEM," In Proc. IPIU 2018, Jeju, Republic of Korea, Feb. 2018.
- [6] D. Park, J. Lee, J. Kang, J. Kim, "A Method of Intra Mode Coding Method for Joint Exploration Model (JEM)," In Proc. IPIU 2018, Jeju, Republic of Korea, Feb. 2018.
- [7] J. Lainema, F. Bossen, W. J. Han, J. Min, K. Ugur, "Intra coding of the HEVC standard," *IEEE Trans. Circuits System. Video Technol.*, vol. 11, no. 12, Dec. 2012.
- [8] J. Chen, E. Alshina, G. Sullivan, J. Ohm, J. Boyce, "Algorithm Description of Joint Exploration Test Model 7 (JEM 7)," Joint Video Exploration Team (JVET) of ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11, July 2017.
- [9] K. Suehring, X. Li, "JVET Common Test Conditions Software Reference Configurations," Joint Video Exploration Team (JVET) of ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11, Oct. 2017.
- [10] A. Segall, V. Baroncini, J. Boyce, J. Chen, T. Suzuki, "Join Call for Proposals on Video Compression with Capability beyond HEVC," Joint Video Exploration Team (JVET) of ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11, Oct. 2017.

저 자 소 개



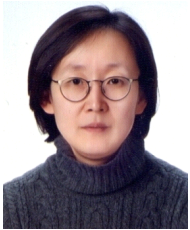
박 도 현

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



이 진 호

- 2007년 2월 : 고려대학교 전자 및 정보공학부 학사
- 2009년 2월 : 과학기술연합대학원대학교 이동통신 및 디지털방송공학과 공학석사
- 2009년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 선임연구원
- ORCID : <https://orcid.org/0000-0002-7558-5731>
- 주관심분야 : 비디오 부호화, 비디오 신호처리



강 정 원

- 1993년 2월 : 한국항공대학교 항공전자공학과 학사
- 1995년 2월 : 한국항공대학교 항공전자공학과 공학석사
- 2003년 8월 : 조지아공과대학교 전자 및 컴퓨터공학과 공학박사
- 2003년 10월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 책임연구원
- 2015년 1월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 표준전문위원
- ORCID : <https://orcid.org/0000-0003-4003-4638>
- 주관심분야 : 영상 압축, 영상신호처리



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 : 뉴욕 콜롬비아대학교 연구원
- 2007년 9월 ~ 현재 : 한국항공대학교 항공전자정보공학부 교수
- 2015년 12월 ~ 2016년 1월 : 샌디에고 주립대학교 방문교수
- ORCID : <https://orcid.org/0000-0003-3686-4786>
- 주관심분야 : 비디오 부호화, 비디오 신호처리, 영상통신, UHD/실감미디어