

VVC 비디오 압축 표준 CD 발간

김재곤 한국항공대학교 항공전자정보공학부 교수

1. 머리말

ITU-T VCEG(Q6/SG16)과 ISO/IEC MPEG(JTC 1/SC 29/WG 11)의 협력팀인 JVET(Joint Video Experts Team)는 기존의 최신 비디오 압축 표준인 HEVC(High Efficiency Video Coding)/H.265보다 2배 이상의 압축 성능을 목표로 한 새로운 표준인 VVC(Versatile Video Coding) 표준화를 진행하고 있다. VVC는 UHD(Ultra HD)의 고화질뿐만 아니라 360도의 전방위 몰입형 및 HDR(High Dynamic Range) 등 다양한 비디오를 효율적으로 압축할 수 있는 차세대 표준 비디오 코덱 표준으로 기대되고 있다.

JVET는 2018년 4월 제10차 샌디에이고 회의에서 기술제안요청(CfP: Call for Proposal)의 응답 기고 기술 평가를 시작으로 표준화를 본격화하였다. 제12차 마카오 회의에서 기술탐색(Exploration) 단계의 시험모델인 JEM(Joint Exploration Model)의 기술검증을 위한 임시 시험 모델이었던 BMS(Benchmark Set)의 일부 핵심기술을 VVC 시험모델 VTM3(Test Model of VVC)으로 채택시키며 압축 성능을 끌어올렸다. 제14차 제네바 회의에서는 WD5와 시험모델 VTM5을 발간하였다. WD5/VTM5은 HEVC의 일부 핵심기술을 기반으로 QTBT(Quadtree, Binary Tree and Ternary Tree)의 블록구조, PDPC(Position Dependent Intra Prediction Combination), MRL(Multi Reference Line Intra Prediction), MIP(Matrix-weighted Intra Prediction), MMVD(Merge with MVD), Affine MC(Motion Compensation), BDOF(Bi-Directional Optical Flow), DMVR(Decoder-side Motion Vector Refinement) 등 다양한 기술로 구성되었다. 이에 11개의 CE(Core Experiment)를 설정하고 핵심기술의 추가적인 성능 향상 및 최적화를 위한 노력이 계속되고 있다.

이번 제15차 예테보리(Gothenburg) 회의에서는 지난 회의에 설정된 CE의 결과 검토를 바탕으로 VTM5에 일부 부호화 기술과 최적화 기법을 채택하여 VTM6과 위원회초안(CD: Committee Draft, ISO/IEC CD 23090-3)을 발간하였다. 추가적인 기술 최적화 및 성능 향상을 위한 8개의 CE를 설정하였다. 채택된 기술들을 포함한 이번 회의의 결과로 VVC CD가 발간됨으로써 새로운 비디오 코덱 표준의 핵심기술이 마무리 단계에 이르렀으며 추가적인 기술의 채택과 함께 채택 기술의 복잡도/성능 측면에서 최적화에 더욱 집중할 것으로 보인다. 또한 FDIS(Final Draft IS)가 2020년 7월에 완료하기로 일정이 당겨짐에 따라 표준화 진행이 더욱 가속화될 것으로 보인다.

2. 주요 회의 내용

2.1 CD 발간

지난 14차 제네바 회의까지 주요 핵심기술들이 VTM5에 채택되었고, 이번 제15차 예테보리 회의에서는 CD 발간을 위해 각 기술의 단순화, 복잡도 감소 및 하드웨어/소프트웨어 구현을 고려한 최적화와 HLS(High Level Syntax) 기술이 중점적으로 논의되었다. 향후 회의에서도 부호화 툴의 단순화/최적화를 통한 마무리와 함께 HLS를 중심으로 진행될 것으로 보인다.

2.2 지난 회의결과(CD/VTM6) VVC 성능

CfP 응답을 시작으로 기술의 평가 및 검토 과정을 거쳐 HEVC의 일부 핵심 기술 기반으로 QTBT, PDPC, MRL, MIP, Affine MC, BDOF, DMVR 등의 다양한 기술이 채택되었다. JVET는 지난 4월 14차 제네바 회의 결과로 발간된 WD5와 시험모델 VTM5를 기반으로 이번 15차 회의 결과를 반영한 CD(Draft6)와 VTM6을 새로이 발간하였다. CD 및 VTM6은 기존 최신 표준인 HEVC보다 임의접근(RA, Random Access) 모드에서 약 35%의 비트 절감의 상당한 성능 개선을 보였다(HM16.20 대비 AI(All Intra) 24.23%, RA 34.76%, LDB(Low Delay B) 25.25%, <표 1> 참조). VTM3 이후 HM16.20 대비 VVC의 주요 부호화 툴의 성능변화는 <표 2>와 같다. VTM5 대비 CD의 부호화 성능은 <표 3>과 같으며 AI 2.5%, RA 2.4%, LDB 1.2%의 비트 절감 성능개선을 보이고 있다. 또한, 이번 회의에서 중점적으로 다루어진 복잡도 감소로 인하여 RA 7%, AI 22%의 부호화 시간 단축 결과를 얻었다.

<표 1> HEVC(HM16.20) 대비 VTM6.0의 성능

vs HM16.20	Y BD-rate	Enc. time	Dec. time
AI	-24.23%	x27.16	x1.87
RA	-34.76%	x9.54	x1.67
LDB	-25.25%	x7.64	x1.43

<표 2> VTM3에서 VTM6 사이의 주요 부호화 기술 성능(vs HM16.20)

Abbreviation	RA tool off test, (Y BD-rate)			
	VTM3	VTM4	VTM5	VTM6
CST	0.74%	1.25%	1.47%	0.14%
DQ	1.39%	1.36%	1.24%	1.71%
CCLM	4.09%	4.20%	4.00%	0.90%
MTS	1.25%	0.80%	0.36%	0.33%
ALF	3.61%	3.73%	4.79%	4.91%
AFF	2.42%	2.46%	2.38%	2.53%
SbTMVP	0.52%	0.43%	0.40%	0.43%
AMVR	0.98%	1.13%	1.14%	1.05%
TPM	0.43%	0.43%	0.41%	0.35%

BDOF	1.02%	0.63%	0.66%	0.78%
CIIP	0.43%	0.51%	0.31%	0.38%
MMVD	0.81%	0.52%	0.59%	0.58%
BiCW	0.48%	0.45%	0.45%	0.43%
MRLP	0.24%	0.18%	0.16%	0.20%
IBC	0.07%	0.00%	0.05%	-0.01%
ISP		0.24%	0.12%	0.13%
DMVR		0.80%	0.87%	0.82%
SBT		0.33%	0.33%	0.41%
LMCS		0.62%	0.57%	1.39%

<표 3> VTM5.0 대비 VTM6.0의 성능

vs VTM4.0	Y BD-rate	Enc. time	Dec. time
AI	-1.43%	x0.78	x1.0
RA	-2.30%	x0.93	x1.02
LDB	-0.74%	x1.05	x1.11

2.3 CE 진행 현황

지난 회의에서 11개의 CE가 설정되었으며 그 CE 결과를 검토를 바탕으로 일부 기술을 VTM6.0에 채택하고 다음 회의까지 진행될 8개의 CE를 설정하는 작업이 진행되었다. 세계 유수기관에서 교차검증(crosscheck) 보고서를 포함하여 1,100여개의 기술기고가 제안되어 JVET 회의 중 가장 많은 제안서 수를 보였다. 국내에서는 삼성전자, LG전자, 한국전자통신연구원, 한국항공대학교 등 많은 산학연 기관들이 표준화 초기부터 활발히 참여하고 있으며, 이번 회의에 발간된 CD에도 다양한 기술들을 반영시키는 성과를 거두었다.

2.4 CE 진행결과 및 채택기술 현황

CE 결과 검토를 바탕으로 새로이 채택된 기술은 다음과 같다.

CD/VTM6.0 채택 기술

- Loop filters
 - JVET-O0061 Sub-sample MV threshold
 - JVET-O0159 Deblocking tC table defined for 10-bit video
 - JVET-O0637 Chroma gradient computation
 - JVET-O0060 Deblocking at 4x4 block boundaries
 - JVET-O0090 Alternative chroma filters + CTU chroma filter selection
 - JVET-O0064 Modification of clipping value signalling
 - JVET-O0216 Modification of ALF coefficient signalling
 - JVET-O0246 Save signalling of APS index
 - JVET-O0625 Always apply virtual padding at bottom CTU boundary
 - JVET-O0662 Modified ALF filtering for Slice/Tile/virtual boundaries
 - JVET-O0669 Simplification of ALF Coefficient Signalling

- JVET-O0428 LMCS related clean-ups
- JVET-O1109 Unification of chroma residual scaling
- JVET-O0272 Simplified inverse luma mapping
- Transform
 - JVET-O0094 Simplification of 48x16 LFNST matrices
 - JVET-O0472 LFNST index signalling depends on last position
 - JVET-O0368 Disable LFNST for non-DCT2 MTS candidate
 - JVET-O0529 Disable LFNST and MIP for implicit MTS
 - JVET-O0219 LFNST transform set selection for a CCLM
 - JVET-O0213 Limit LFNST up to max TU size
 - JVET-O0294 Context modelling for MTS index
 - JVET-O0294 Context modelling for signalling MTS index
 - JVET-O0541 Decouple intra transform selection from inter MTS flag
 - JVET-O0474 MTS for IBC
 - JVET-O0545 Configurable maximum transform size
 - JVET-O0357 Maximum TU size for chroma format 4:2:2 and 4:4:4
- Intra prediction and mode coding
 - JVET-O0078 Single HMVP table inside shared merge list region for IBC
 - JVET-O0258 Disabling IBC for chroma in case of dual tree
 - JVET-O0162 IBC.mvp flag conditioned on MaxNumMergeCand > 1
 - JVET-O0455 Number of IBC merge candidates independent for P/B slices
 - JVET-O1170 Bitstream conformance with a virtual IBC buffer concept
 - JVET-O1124 CCLM restrictions for dualtree to reduce latency
 - JVET-O0053 Base palette mode for 4:4:4
 - JVET-O0050 Small chroma block size restrictions for shared tree
 - JVET-O0106 4xN prediction regions for 4xN and 8xN ISP-coded blocks
 - JVET-O1136 Unified TS and BDPCM signalling
 - JVET-O0315 Intra prediction mode alignment for BDPCM
 - JVET-O0525 Remove PCM
 - JVET-O0277 Small blocks (4x4, 4x8, 8x4) are not smoothed for all angles
 - JVET-O0341 Always apply 'DCT-IF' interpolation to ISP
 - JVET-O0364 Intra prediction simplifications
 - JVET-O0426 MRL reference samples for DC
 - JVET-O0502 Signal all 67 intra modes for ISP + apply PDPC
 - JVET-O0640 MinCbSize >= 8
 - JVET-O0651 Chroma DM mode is planar in case of IBC
 - JVET-O0655 Wide-angle in chroma intra angle mapping table for 4:2:2
 - JVET-O0925 MIP 8-bit coefficient and simplifications
- Quantization:
 - JVET-O0046 CU > 64x64, always send cu_qp_delta in first TU
 - JVET-O0267 Use inter matrices for IBC
 - JVET-O0919 QP clipping in scaling process for transform skip
- CABAC
 - JVET-O0052 TB-level constraints on context-coded bins
 - JVET-O0105 Joint chroma residual coding with multiple modes
 - JVET-O0122 Sign, level, and bitplane coding for TS residual

- JVET-O0623 3-pass residual coding for transform skip
- JVET-O0409 Exclude coded_subblock_flag in TSRC ctx coded bin count
- JVET-O0193 Ctx derivation of coded block flag
- JVET-O0617 Context model reduction for sig_coeff_flag
- JVET-O0543 Disallow joint chroma coding for non-I CUs
- JVET-O0376 High-level flag for joint chroma coding
- JVET-O0085 CABAC init
- Inter prediction:
 - JVET-O0057 Half-pel AMVR extension with alt. IF
 - JVET-O0070 Affine prediction refinement with optical flow
 - JVET-O0594 Prediction sample padding unification for BDOF and PROF
 - JVET-O0570 Unified gradient calculations
 - JVET-O0055 BDOF 4x4 early termination threshold
 - JVET-O0108 disabling DMVR and BDOF for CIIP
 - JVET-O0504 Flag to disable DMVR and BDOF at slice level
 - JVET-O0634 Unify allowed DMVR and BDOF block sizes
 - JVET-O0681 Disabled DMVR, BDOF and BCW for CIIP
 - JVET-O0590 modified SAD for the center coordinate in DMVR
 - JVET-O0297 Simplification for DMVR padding process
 - JVET-O0265 MV storage in TPM
 - JVET-O0249 Change merge mode flags syntax tree
 - JVET-O0220 max. num. of subblock merge cand. Signalling
 - JVET-O0163 Remove switching between L0 and L1 for temporal MV
 - JVET-O0164 remove spatial AMVP cand scaling
 - JVET-O0438 SPS affine AMVR control flag
 - JVET-O0366 copy BCW index from first spatial affine merge candidate
 - JVET-O0567 SMVD value range
 - JVET-O0284 condition sym_mvd_flag on mvd_l1_zero_flag
 - JVET-O0414 SMVD only for STRPs
 - JVET-O0572 Add missing initialization
 - Plenary: Extend MVD range to $[-2^{17}, 2^{17}-1]$
 - JVET-O0304 Simplification of BDOF
 - JVET-O1140 Unified syntax on DMVR and BDOF flag
 - JVET-O0594 Align subblock padding BDOF/PROF
- Partitioning:
 - JVET-O0616 Do not signal SH chroma tool flags in case of 4:0:0
 - JVET-O0194 Store parameters for separate trees
 - JVET-O0526 Increase Min CTU size to 32x32
- High level syntax:
 - JVET-O0622 Update BT.2100 references and ICTCP HLG equations
 - JVET-O0181 nonref_flag, in the slice header, unconditioned
 - JVET-O0138/JVET-O0141/JVET-O0394 regional boundaries as picture boundaries, lowlevel processing
 - JVET-O0555 Signalling sub-picture location and size in the SPS
 - JVET-O0141 Flags for sub-picture boundaries on loop filter disabling
 - JVET-O1164 Specification Text for Reference Picture Resampling

- JVET-O0236 signal num_tiles_in_pic_minus1
- JVET-O0041 frame-field information SEI message
- JVET-O0042 pic_struct into separate elements
- JVET-O0044 Signalling of sub profiles
- JVET-O0148 Active entries in RPL 0 constraint for P/B
- JVET-O0244 Weighted prediction enabled flags in SPS
- JVET-O0151 no_output_of_prior_pics_flag for CRA and GRA pictures
- JVET-O0154 Annex B on byte stream format
- JVET-O0176 move slice_pic_order_cnt_lsb in sequence header
- JVET-O0178 sps_sub_layer_ordering_info_present_flag dependency
- JVET-O0201 recovery_poc_cnt coded using ue(v) instead of se(v)
- JVET-O0234 slice header extension mechanism
- JVET-O0238 sps_or_slice_flag in SPS
- JVET-O0241 Reference picture handling bug fixes
- JVET-O0147 Set of constraints on IRAP, RASL, and RADL pictures
- JVET-O1159 Scalability for VVC
- JVET-O0299 Moving of scaling list matrices from SPS to APS

2.5 부호화 틀 평가를 위한 CE 설정

이번 회의에서 CD가 발간된 만큼 앞으로의 회의에서는 아래의 주요기술 분야와 함께 간략화, 복잡도 감소 및 최적화 측면에서 표준화가 진행될 것으로 보인다.

Promising Fields

- Low level coding tools
 - Numerous cleanups, simplifications in all aspects
 - Coding up to lossless
- Generally, design aspects of hardware and software implementability more important than additional coding gain
 - 64x64 virtual processing unit (not specified, but enabled)
 - memory bandwidth
 - pipeline latency
- High level syntax
 - Subpictures, tiles, slices
 - Header information, Random access mechanisms
 - Reference picture signalling and buffer management
 - Reference picture resampling
 - Layers
 - Decoder capability signalling

이러한 추가적인 기술 비교검증 및 채택기술 선정을 위하여 다음 회의까지 진행될 아래의 8개의 CE를 설정하였다. 특히, HLS와 관련하여 Sub-Picture, Tile, Slice, Brick과 같은 비디오 분할, Random Access Mechanism, Reference Picture Resampling 등에 대한 논의가 진행되었으며 이에 대한 추가적인 검증을 위하여 CE1, CE2가 설정되었다.

Core Experiments

- CE1: Reference picture resampling filters
- CE2: Gradual decoding refresh
- CE3: Intra prediction and mode coding
- CE4: Inter prediction
- CE5: Loop filtering
- CE6: Transforms and transform signalling
- CE7: Quantization and coefficient coding
- CE8: Screen content coding tools

3. 향후 전망

차세대 비디오 부호화 표준 기술을 탐색하던 JVET에서 2018년 4월 회의에서 CFP 응답 기술들의 평가를 시작으로 본격적인 표준화를 시작하였다. 기존 HEVC 대비 2배의 성능을 갖는 새로운 비디오 압축 표준을 VVC로 명명하고 2020년을 표준화 완료를 목표로 순조롭게 진행되고 있으며 이번 회의에서 CD를 발간하였다. VVC는 CD 발간으로 HEVC 대비 높은 압축 성능을 보여주고 있으며, 향후 부호화 툴들의 표준화 마무리를 위한 최적화 및 Sub-Picture, Tile, Slice, Brick과 같은 비디오 분할, Random Access Mechanism, Reference Picture Resampling 등의 HLS를 중심으로 진행될 것으로 전망된다. 이번 회의에서 지속적인 부호화 툴 검증을 위한 8개의 CE를 설정하고 다음 회의에 그 결과를 검토할 예정이다. 또한 주요 업무 아이템별 표준화 진행을 위하여 18 개의 Ad-Hoc 그룹을 결성하였다.

현재 CD의 진행 결과성능을 볼 때 VVC의 표준화는 목표로 한 일정과 성능을 순조롭게 달성할 수 있을 것으로 보인다. 특히, 이번 회의의 결과로 VVC CD가 발간됨으로써 새로운 비디오 코덱 표준의 주요 핵심기술의 표준화가 마무리 단계에 이르렀다. 또한 FDIS를 2020년 7월에 완료하기로 일정이 당겨짐에 따라 표준화 진행이 더욱 가속화될 것으로 보인다. 따라서 세계 유수의 참여 기관들 간의 표준기술 및 지적권 확보를 위한 마무리 경쟁이 더욱 치열할 것으로 보이며, 국내에서도 기업, 연구소, 대학 등에서 최종 표준채택과 지적권 확보에 연구력을 집중할 것으로 예상된다.