

HEVC (High Efficiency Video Coding) 최신 표준화 동향

심동규* · 조현호** · 남정학***

1. 서 론

최근 고해상도·고화질의 비디오를 지원하는 제품들이 증가하고 있으며, 이러한 영상들에 대한 사용자의 요구도 꾸준히 증가하고 있다. 고해상도·고화질의 영상은 해상도의 증가, 프레임 울의 증가, 4:4:4 컬러 포맷 등의 지원, 비트 심도(Bit depth)의 증가에 따라서 기존의 비디오들에 비해 더 많은 양의 비트율(Bitrate)을 갖는다. MPEG에서는 이러한 고해상도·고화질의 비디오를 H.264/AVC High 프로파일을 이용하여 압축하는 경우, 발생하는 비트율이 유·무선망과 같은 네트워크를 통해서 경제적으로 전송하기가 어렵다고 판단하였다. 이에 MPEG에서는 기존의 H.264/AVC High 프로파일보다 높은 압축 성능을 갖는 새로운 비디오 압축 기술의 표준화를 시작하였다.

표 1은 새로운 비디오 압축 기술에 대한 표준화와 관련하여 진행된 주요 일정을 보여준다. MPEG은 2008년 10월에 열린 86차 미팅에서 고성능 비디오 코덱(High-Performance Video Coding)에

대한 비전과 요구 사항에 대한 문서[1]의 발행을 시작으로 차세대 비디오 부호화 표준에 대한 논의를 시작하였다. 그리고 MPEG은 2009년 4월에 H.264/AVC High 프로파일보다 압축 성능이 우수한 차세대 부호화 기술이 존재하는지 또는 그러한 기술들을 근시일 내에 표준화할 수 있는지에 대한 검토를 위하여 HVC에 대한 CfE (Call for Evidence) 문서를 발행하였다[2].

2009년 7월에는 발행된 CfE에 대해서 9개의 기

표 1. 표준화 주요 일정

일 시	주요 이슈
2008년 10월 (86차 MPEG)	HVC의 비전 및 요구 사항을 정리한 문서 초안 발행
2009년 04월 (88차 MPEG)	CfE 문서 발행
2009년 07월 (89차 MPEG)	CfE 결과 문서 발행 공식적으로 CfP를 진행하기로 결정
2009년 10월 (90차 MPEG)	Draft CfP 문서 발행
2010년 01월 (91차 MPEG)	JCT-VC 구성 ToR 문서 발행 Joint CfP 발행 HVC 비전, 응용, 요구 사항을 정리한 문서 발행
2010년 04월 (92차 MPEG)	Test Model 선정 작업 시작

* 교신저자(Corresponding Author): 심동규, 주소: 서울시 노원구 월계동 447-1 광운대학교 화도관 635호(139-701), 전화: 02)940-5470, FAX: 02)914-6471, E-mail: dgsim@kw.ac.kr

* 광운대학교 컴퓨터공학과 부교수

** 광운대학교 컴퓨터공학부 박사과정
(E-mail: idjhh@kw.ac.kr)

*** 광운대학교 컴퓨터공학부 박사과정
(E-mail: qejixfyz@kw.ac.kr)

고서가 제출되었다. 제출된 결과 중 가장 성능이 뛰어난 기술은 1920×1080 해상도의 영상들에 대해서 H.264/AVC High 프로파일 대비 평균 30% 정도의 압축률 향상이 있었으며, 모든 실험 영상의 경우에는 약 20% 이상의 압축률을 보였다[3]. 이를 통해 MPEG에서는 높은 부호화 효율을 갖는 새로운 기술들이 존재함을 확인하였고, 이에 따라 새로운 비디오 압축 표준화를 위한 공식적인 CfP (Call for Proposals)를 진행하기로 하였다. 공식적인 CfP 작업의 일환으로 MPEG에서는 2009년 10월에 HVC를 위한 CfP 초안을 작성했으며, 작성된 초안에 대하여 VCEG과 논의를 시작하였다[4]. 2010년 1월에는 MPEG과 VCEG이 새로운 비디오 코덱 표준의 개발을 위하여 새로운 협력팀(Joint collaborative team)을 구성하기로 최종 합의하였다. 이 협력팀의 공식 명칭은 ITU-T/ISO/IEC JCT on video coding 이며, 이 협력팀의 운영은 ToR (Terms of Reference)[5]을 따른다. 그리고 MPEG과 VCEG은 2010년 1월에 공동으로 최종 버전의 Joint CfP [6]의 발행을 완료하였다.

2010년 4월에 독일의 Dresden에서 열린 첫 번째 JCT-VC 미팅에서는 Joint CfP에 대하여 총 27개의 기술이 제안되었다. 각각의 제안된 기술들로 부호화된 비트스트림과 복호화 영상들은 2010년 3월에 이미 주관적 화질 평가가 수행되었고 이러한 주관적 화질 평가의 결과를 바탕으로 Test Model의 결정을 위한 작업이 시작되었다. 이 미팅에서는 새롭게 표준화하려는 부호화 기술의 개발 프로젝트에 대해 MPEG에서는 HVC, VCEG에서는 NGVC라고 다르게 명명하였던 것을 공동으로 HEVC (High Efficiency Video Coding)로 부르기로 하였다. 앞으로 HEVC의 표준화 과정 동안 각 기관에서 제출하는 기고서 및

JCT-VC에서 발행하는 문서는 [7]에서 내려받을 수 있다. Joint CfP 문서에 기술된 잠정적인 표준화 일정에 따르면 2010년 10월에 Test Model의 선정을 하고, 2012년 7월에 최종 표준안 승인을 예정으로 하고 있다.

본고에서는 차세대 비디오 표준인 HEVC의 표준화 진행 동향과 JCT-VC 미팅에 제안된 부호화 기술들에 대해서 설명하고자 한다. 본고의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 HEVC기술의 표준 요구 사항 및 Joint CfP에 대해 분석한다. 3장에서는 Joint CfP에 제안된 부호화 기술에 대해서 비디오 코덱의 각 기능 블록 단위로 기술을 분석한다. 4장에서는 시험 모델 (Test Model)의 선정과 관련하여 현재 임시적인 시험모델인 TMuC (Test Model under Consideration), 구체화된 부호화 기술들에 대해서 평가하는 TEs (Tool Experiments), 일반적인 부호화 기술들에 대하여 TEs의 주제를 선정하는 연구를 하는 AdHoC에 대해서 자세히 설명한다. 끝으로 5장에서는 HEVC의 향후 전망과 결론을 맺는다.

2. HEVC 표준 요구 사항 및 CfP

2.1 HEVC의 비전, 응용 그리고 요구 사항

본 절에서는 HEVC의 표준화의 비전, 응용 그리고 요구 사항에 대해서 알아본다. MPEG Video and Requirements Subgroup은 2008년 10월에 HEVC의 표준화의 비전과 요구 사항에 대한 문서를 발행하였고[1], 2010년 1월에는 이 문서에 응용 분야를 추가한 문서를 발행하였다[8].

위 문서에 따르면 MPEG은 현재의 부호화 성능으로는 인터넷 또는 방송망을 이용하여 HD급의 입력 영상을 경제적으로 전송하는 데 어려움이 있을 것이라 판단하고 있으며, 향후 가정용 응용

과 디지털 카메라 등에서 지원할 것으로 예상되는 UHD (Ultra-HD) 해상도에 대한 지원을 고려할 필요가 있음을 언급하였다. 모바일 단말 환경에서 현재 제공되는 QCIF 급의 해상도, 낮은 프레임 율 그리고 낮은 비트율의 서비스들에 대해서 사용자들이 받아들일 수 없음을 지적하였다. 그리고 무선 네트워크 기술이 3G/LTE와 4G로 발전한다고 하더라도, 동시에 고해상도·고화질의 영상에 대한 사용자들의 요구 또한 증가하고 있기 때문에 720P 해상도의 서비스를 제공하는 것은 현재의 압축률로는 경제적이 않다고 언급하였다. 이에 따라 MPEG에서는 이전에 표준화가 완료된 MPEG 표준 기술과의 하위 호환성 (backward compatible)을 갖지 않지만, 높은 부호화 효율을 갖는 새로운 압축 표준을 만들기로 계획하였다. MPEG에서는 표준화하려는 HEVC가 홈 시네마, 디지털 시네마, 감시, 방송, 실시간 통신 및 비디오 회의, 모바일 스트리밍, 저장, 캠코더, VOD (Video On Demand), 인터넷 스트리밍, 3D 비디오, 원격 현장감(Telepresence), 콘텐츠 생산 및 배포(Content production and distribution), 의료 영상 분야에서 응용될 수 있을 것으로 전망하였다. MPEG에서는 위와 같은 HEVC의 표준에 대한 비전 및 응용에 따라 총 11개의 요구 사항을 정리하였는데, 본 원고에서는 이중 몇 가지 핵심 요구 사항에 대해서만 정리한다.

“Compression Performance” 요구 사항에는 표준화하는 HEVC가 전체 비트율 구간에서 H.264/AVC High 프로파일보다 압축 성능이 나쁘지 않아 함을 의무적으로 요구하고 있으며, 무손실 압축 기술의 포함 여부는 권고적 의무사항이다. “Color Space and Color Sampling” 항목에서는 YCbCr 4:2:0 샘플링과 픽셀당 8비트 입력은 의무적 요구 사항이고 YCbCr/RGB 4:4:4 또는 YCbCr

4:2:2 입력은 권고적 요구 사항이다. “Scanning Methods” 항목에서는 모든 프로파일과 레벨에서 순차 주사 방식 (Progressive scanning)을 지원하는 것이 의무적 요구 사항이다.

“Low Delay” 항목에서는 HEVC가 저 지연 동작이 가능해야 함을 의무적으로 요구하고 있고, “Ramdon Access” 항목에는 HEVC가 임의 액세스 기능을 의무적으로 요구하고 있으며, Intra only 코딩은 권고적 요구 사항이다. “Scalable Video Coding” 항목에서는 H.264/AVC의 Scalable Video Coding과 마찬가지로 시간적, 공간적, 그리고 화질적 계위성을 위한 부호화 기술을 추가하는 것이 가능하도록 하는 것이 권고적 요구 사항으로 기술되어 있다.

2.2 HEVC의 Joint CfP

HEVC의 Joint CfP는 MPEG과 VCEG에 의해 공동으로 발행됐으며[6], Joint CfP에 관련된 주요 일정은 표 2와 같이 진행되었다. Joint CfP에는 순차 주사 방식의 YCbCr 4:2:0 포맷의 8비트 입력 영상 18개가 사용되었는데, 이러한 영상들은 다양한 공간적 해상도와 프레임 율을 갖는다. 이러한

표 2. Joint CfP 관련 주요 일정

일 시	일 정
2010/01/22	Final Joint CfP 발행
2010/02/15	Formal registration period ends
2010/02/22	Coded test material 제출 마감
2010/03/02	주관적 화질 평가 시작
2010/04/12	제안 기술에 대한 설명문서 등록
2010/04/13	제안 기술에 대한 설명문서 제출
2010/04/15	비트스트림과 복호화기 Cross-checking
2010/04/16 -04/23	제안 기술 평가 회의

실험 영상들은 공간적 해상도에 따라 표 3과 같이 다섯 개의 클래스로 구분되는데, 클래스 A에 사용된 “Traffic”과 “PeopleOnStreet” 영상은 각각 4096×2048, 3840×2160 크기로부터 프레임 율의 변화없이 2560×1600 크기로 크로핑한 것으로 UHD급 해상도의 영상을 고려한 테스트 집합이다. 클래스 E의 영상들은 클래스 C, D의 영상에 비해 공간적 해상도가 크지만, 목표 비트율은 낮는데 이러한 이유는 클래스 E의 영상들이 화상회의 분야에 사용되는 응용을 고려했기 때문이다.

Joint Cfp에서는 실험 영상들을 부호화하기 위하여 Constraint set 1과 Constraint set 2의 두 개의 제약 집합 (Constraint set)을 정의하였다. Constraint set 1은 Hierarchical B 구조를 사용하며 GOP의 최대 크기가 8이며, 1.1초 또는 그보다

더 적은 간격에서 Random access가 가능한 집합으로 정의되었다. 이러한 Constraint set 1은 약간의 딜레이가 용인되며, 높은 부호화 효율, 임의 접근이 필요한 응용 분야에 대한 요구를 반영한 것이다. Constraint set 2는 B 픽처를 사용하지 않는 집합으로 딜레이가 없으며, 낮은 복잡도를 요구하는 응용 분야를 반영한 것이다. 이러한 제약 집합의 특성에 따라 Constraint set 1은 표 3에서 A, B, C 그리고 D 클래스의 영상들에만 적용되고, Constraint set 2는 표 3의 B, C, D 그리고 E 클래스의 영상들에만 적용된다. Joint Cfp에서는 제안 기술들의 평가를 위하여 각 시퀀스에 5개의 목표 비트율을 정해 두었기 때문에 제안 기술 간의 목표 비트율은 동일하다. 따라서 제안 기술들의 부호화 성능은 객관적 화질 값과 주관적 화질 값으

표 3. Cfp 실험 영상

Class	Spatial Resolution	Frame Rate(fps)	Sequence		Target rate (Mbit/s)				
			Sxx	Name	Rate1	Rate2	Rate3	Rate4	Rate5
A	2560×1600	30	S01	Traffic	2.5	3.5	5	8	14
			S02	PeopleOnStreet					
B	1920×1080	24	S03	Kimono	1	1.6	2.5	4	6
			S04	ParkScene					
		50	S05	Cactus	2	3	4.5	7	10
			S06	BasketballDrive					
C	832×480	50	S07	BQTerrace	0.384	0.512	0.718	1.2	2
			S08	BasketballDrill					
		60	S09	BQMall					
		50	S10	PartyScene					
D	416×240	30	S11	RaceHorses	0.256	0.384	0.512	0.850	1.5
			S12	BasketbalPass					
		50	S13	BQSquare					
		60	S14	BlowingBubbles					
E	1280×720	60	S15	RaceHorses	0.256	0.384	0.512	0.850	1.5
			S16	Vidyo1					
			S17	Vidyo3					
			S18	Vidyo4					

표 4. Joint CfP Anchor별 제약 조건들

Item	Alpha anchor	Beta anchor	Gamma anchor
Constraint set	Constraint set 1	Constraint set 2	Constraint set 2
AVC conformance	High profile	High profile	Constrained baseline profile
Random access	Intra picture every 24, 32, 48 and 64 pictures for 24fps, 30fps, 50 and 60 fps sequences	No random access	-
Coding structure	Hierarchical B pictures IbBbBbBbP(8)	Hierarchical P pictures IpPp (4)	IPPPP
Max ref frames	4	4	2
Entropy coding	CABAC	CABAC	CAVLC
8×8 Transform	Enabled	Enabled	4×4 only
RD Optimization	Enabled	Enabled	Enabled
RDOQ	Enabled	Enabled	Enabled
Adaptive rounding	Disable	Disable	Disable
Weighted prediction	Enable	Enable	-
FME	Range 128×128	Range 128×128	Range 128×128

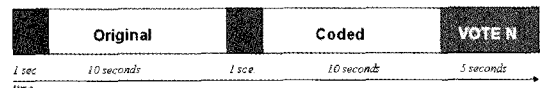
로 평가할 수 있다.

Joint CfP의 주관적 화질 평가는 BT.500[9]에 따라 진행되었는데, 이러한 평가 과정에서 사용될 수 있도록 세 개의 Anchors들을 정의하였다. Alpha anchor는 Constraint set 1을 만족하며, Beta와 Gamma anchor는 Constraint set 2를 만족하는데 Gamma anchor는 Beta anchor 보다 복잡도가 낮은 응용을 반영하고 있다.

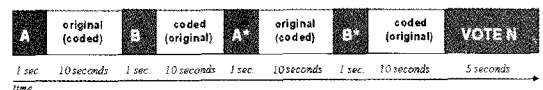
Joint CfP의 제안 기술들에 대한 주관적 화질 평가는 이탈리아의 FUB (Fondazione Ugo Bordoni), 스위스의 EBU (European Broadcasting Union), EPFL (Ecole Polytechnique Federale de Lausanne)에 의해 수행되었으며, 공간적 해상도가 큰 A 클래스를 제외한 B, C, D, E 클래스의 영상들이 주관적 화질 평가에 이용되었다. 주관적 화질 평가 방법은 ITU-R BT.500[9]의 DSIS (Double Stimulus Impairment Scale), DSCQS (Double Stimulus Continuous Quality Scale)가

사용되었는데, 쉽게 화질 평가가 가능한 일반적인 때에는 DSIS가 사용되었고 고화질의 입력 영상들에 대해서는 DSCQS 방법이 사용되었다.

첫 번째 방식인 DSIS는 그림 1의 (a)와 같이 10초 동안에 원본 영상을 보여주고, 10초 동안에는 부호화된 영상을 보여준 후 5초 동안에 평가하는 방식이다. 두 번째 방식인 DSCQS는 그림 1의 (b)와 같이 원본 영상과 부호화된 영상을 10초씩 2번을 보여주고 나서 5초 동안에 평가를 수행하는 방식이다. Joint CfP의 제안 기술들에 대



(a) DSIS BTC



(b) DSCQS BTC

그림 1. DSIS와 DSCQS의 평가 방법

하여 위 방식으로 수행된 주관적 화질 평가의 결과는 1차 JCT-VC 미팅에서 공개되었으며, JCTVC-A204 문서로 발행되었다[10].

3. Joint CfP의 제안 기술 분석

HEVC의 Joint CfP에는 표 5와 같이 총 27개의 제안 기술이 제출되었다. 각 기관에서 제출된 제안 기술은 크게 Picture partitioning, Motion prediction and compensation, Intra prediction, Transform, Quantization, Loop filter, Entropy coding, Frame Buffer로 8개의 알고리즘 요소로 나눌 수 있다. 각 제안 기술에서 어떠한 알고리즘 요소에 대하여 기술을 제안했는지에 대한 것은 JCTVC-A203 문서[11]를 통해 확인할 수 있는데, 본 장에서는 각 알고리즘의 요소들에서 새롭게 제안된 개념에 대해서 간단히 알아보도록 한다.

3.1 Picture partitioning

H.264/AVC는 16×16 픽셀의 매크로블록 단위의 부호화를 수행하는데, P 또는 B 매크로블록에서 SKIP 모드를 제외한 나머지 블록 모드에서는 매크로블록 타입, CBP (Coded Block Pattern), 예측 모드, 움직임 벡터 값, 참조 프레임 인덱스 등의 값들을 매크로블록 단위로 부호화하였다. 이렇게 매크로블록 단위로 부호화되는 비트의 양을 줄이기 위하여, 최근에 고해상도의 영상에서는 매크로블록의 크기를 크게하여 부호화하는 여러 연구가 있었다[12].

매크로블록의 크기를 기존의 16×16에서 32×32, 64×64 등으로 크게 하면 화면 간 예측 시 그림 2와 같이 H.264/AVC보다 더 큰 블록 크기의 움직임 예측을 수행할 수 있다. 예를 들어, 16×16 크기의 매크로블록을 갖는 H.264/AVC가 16×16,

표 5. Joint CfP의 제안 기술 및 소속

기술 문서	소 속
JCTVC-A101	TI & MIT
JCTVC-A102	Hitachi
JCTVC-A103	Sony
JCTVC-A104	NEC
JCTVC-A105	Sharp
JCTVC-A106	Intel
JCTVC-A107	Mitsubishi
JCTVC-A108	JVC
JCTVC-A109	MediaTek
JCTVC-A110	LG
JCTVC-A111	Huawei & Hisilicon
JCTVC-A112	RWTH Aachen
JCTVC-A113	SK telecom, Sejong Univ. & Sungkyunkwan Unvi.
JCTVC-A114	France Telecom, NTT, NTT DOCOMO, Panasonic, & Technicolor
JCTVC-A115	Fujitsu
JCTVC-A116	Fraunhofer HHI
JCTVC-A117	Toshiba
JCTVC-A118	Microsoft
JCTVC-A119	Tandberg, Ericsson, Nokia
JCTVC-A120	RIM
JCTVC-A121	Qualcomm
JCTVC-A122	NHK & Mitsubishi
JCTVC-A123	NCTU
JCTVC-A124	Samsung & BBC
JCTVC-A125	BBC & Samsung
JCTVC-A126	Renesas
JCTVC-A127	ETRI

16×8, 8×16, 8×8, 8×4, 4×8, 4×4 크기의 움직임 예측을 수행하는 반면, 32×32 크기의 확장된 (Extend) 크기의 매크로블록을 이용하는 경우에는 추가로 32×32, 32×16, 16×32 크기의 움직임 예측을 수행할 수 있다.

Joint CfP의 제출된 총 27개의 제안 기술 중

15개의 제안 기술에서 이러한 확장 매크로블록 (Extended Macroblock) 기술을 이용하였다. 물론, 각 제안 기술마다 분할되는 최대 블록의 크기가 64×64 또는 128×128 등과 같이 서로 다르며, 확장 매크로블록 내부에서 어떻게 블록 분할 정보를 표현하는가에 대해서도 서로 다른 기술들이 제안되었다. 일반적으로 매크로블록 내부에서 서브 매크로블록의 정보를 표현하기 위해서 트리구조를 이용하여 계층 구조를 표현하는데 제안 기술 [13]에서는 픽처 내에서의 최대 분할 블록의 크기와 분할되는 깊이 정보를 시퀀스 파라미터 집합 (SPS)으로 전송함으로써 다양한 해상도의 입력 영상에 적합한 계층 구조를 제안하였다.

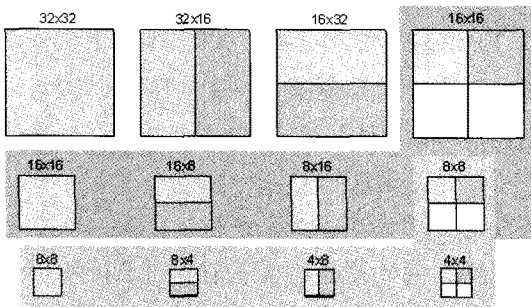


그림 2. 32×32 매크로블록의 분할 예

3.2 Motion prediction & compensation

H.264/AVC는 움직임 예측 과정에서 부호화하려는 매크로블록과 가장 에러가 적은 블록을 찾고, 해당 블록의 위치 정보를 움직임 벡터로 표현한다. H.264/AVC는 이러한 움직임 예측 과정에서 참조 프레임을 1/4-화소까지 보간 함으로써 더욱 정밀한 움직임에 대해서도 효과적으로 부호화할 수 있었다.

움직임 예측 과정에서 구해진 움직임 벡터는 그림 3과 같이 주변 매크로블록들(mbAddrA, mbAddrB, mbAddrC)의 움직임 벡터의 중간값

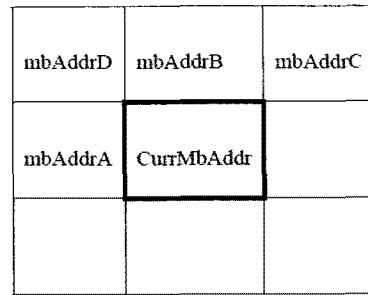


그림 3. 주변 매크로블록의 예

(Median)으로 예측된 후 차분값(MVD)만이 부호화되었다.

그러나 QP 값이 높은 경우에는 그림 4와 같이 여전히 움직임 벡터가 전체 비트에서 차지하는 비율이 높는데, 이러한 문제의 해결을 위하여 움직임 벡터 예측값 (PMV)을 더 정확히 구하려는 많은 연구가 진행되어 왔다[14].

해당 연구들에서는 H.264/AVC가 주변 블록의 움직임 벡터들만을 이용하여 움직임 벡터 예측값을 구하는 것에 비해, 이전 프레임의 co-located 블록을 포함하여 예측 값을 구하거나, co-located 블록 주변의 움직임 벡터를 이용하는 것을 제안하였다. 일반적으로 이러한 기술들은 motion vector competition 이라 불리는데 Joint CFP의 제안 기술들에도 이와 관련된 기술들이 여러 기관에 의해 제안되었다.

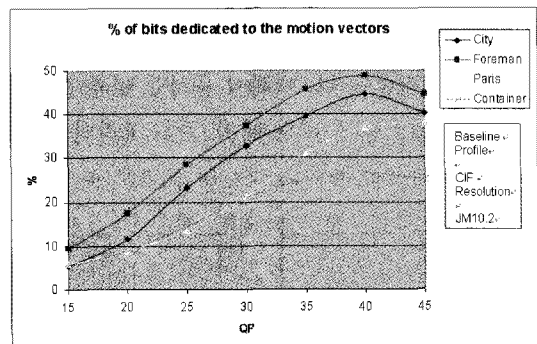


그림 4. QP에 따른 움직임 벡터의 부호화량의 비율

또한, 움직임 예측 및 보상 과정에서 부호화 성능을 향상시키기 위해서 1/12-화소까지의 보간을 사용하는 기술들이 제안되었다. 이렇게 보간 정밀도를 향상시키는 기술들은 H.264/AVC보다 정확한 움직임 예측 및 보상을 가능하게 하여 부호화 성능을 향상시킬 수 있지만, 보간 정밀도가 향상됨에 따라 MVD 값을 부호화하는데 발생하는 비트량을 증가 시킨다. 제안 기술들에서는 이러한 문제를 효과적으로 해결하기 위해서 슬라이스 또는 매크로블록 단위로 보간의 최대 정밀도를 부호화하는 기술들이 제안되었다.

H.264/AVC는 참조 영상의 보간 과정에서 고정 계수 값을 갖는 6-탭 필터를 이용하였다. 제안 기술들에서는 부호화기에서 복호된 프레임과 현재 프레임 간의 에러를 최소화하는 필터 계수를 적응적으로 구한 후, 해당 필터 계수를 전송하여 사용하는 AIF (Adaptive Interpolation Filter) 기술들이 제안되었다. 이러한 AIF 기술들은 2005년부터 연구가 진행됐는데, 2D 또는 1D, Non-separable 또는 Separable, 필터 방향성 등에 따라 다양한 기술들이 소개되었다. Joint CfP의 제안 기술에도 이러한 AIF 기술들이 몇몇 기관들에 의해 제안되었으며, 부호화기의 복잡도를 줄이기 위해서 필터 계수는 고정적으로 사용하지만 필터링의 성능을 높이기 위해서 필터의 정밀도를 높이는 기술들도 제안되었다.

또한, 그림 5와 같이 움직임 예측 및 보상 과정의 성능을 향상시키기 위해서 움직임 예측 블록의 크기를 매크로블록 내의 에지 등을 고려하여, 비

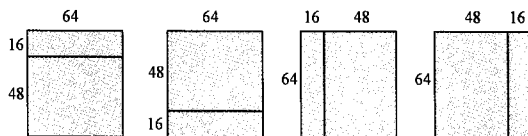


그림 5. 비대칭적인 움직임 예측 블록의 분할

대칭적으로 사용하는 기술들도 제안되었다.

3.3 Intra prediction

H.264/AVC의 Intra 예측은 휘도 성분에 대하여 4x4 모드일 때 9개의 예측모드, 8x8 모드일 때 9개의 예측모드, 그리고 16x16일 때 4개의 예측모드만을 사용하였다. Joint CfP에 제안된 Intra prediction 관련 기술들에는 4x4 모드 또는 16x16 모드에서 예측 방향의 수를 증가시켜 예측 성능을 높이는 기술들이 제안되었다. 그리고 기존의 블록 단위의 인트라 예측에서 블록 크기가 커짐에 따라 참조 픽셀에서 거리가 멀어져 예측 성능이 저하되는 문제를 해결하기 위해서 라인 단위로 인트라 예측을 수행하는 기술들도 제안되었다[15]. 그리고 Extended MB 기술처럼 인트라 예측의 타입에도 32x32 크기의 블록 단위로 예측을 수행하는 매크로블록 타입을 추가하여 부호화 성능을 향상시키는 기술들이 제안되었다.

또한, 인트라 예측 모드에 따라 먼저 예측 값을 생성하고 나서 생성된 예측 값을 이용하여 다시 필터링 함으로써 새로운 예측 값을 생성하는 기술들도 제안되었다. 그림 6은 이러한 알고리즘의 동작 예로, 모드에 따라 예측 모드를 정하여 예측 값으로 블록을 채우고 나서 주변 픽셀들의 평균값으로 다시 예측 값을 조정하는 과정의 예이다[13].

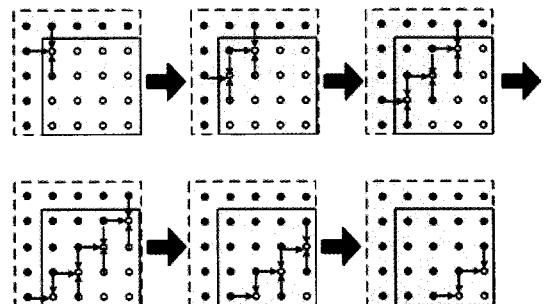


그림 6. Multi-Parameter Intra 의 동작 예

3.4 Transform

H.264/AVC는 화면 간 예측 과정에서 4×4 블록 단위까지의 움직임 예측을 수행함에 따라 4×4 블록 단위의 정수 변환을 이용하며, High 프로파일에서는 부호화 성능을 위하여 적응적으로 4×4 정수 변환과 8×8 정수 변환을 선택할 수 있는 기술을 사용하였다. Joint CFP의 제안 기술들에서는 Extended MB 기반의 기술을 사용함에 따라 움직임 예측 과정에서 더 큰 블록 크기 기반으로 움직임 예측을 수행하고, 따라서 해당 블록의 크기에 맞는 큰 블록 크기의 이산 여현 변환 기술들이 제안되었다.

또한, 인트라 예측 블록의 모드에 따라서 차분 신호 (Residual)값들이 서로 다른 특성을 있다는 것에 착안하여 인트라 예측 모드에 따라 서로 다른 DCT 커널을 이용하는 기술들이 제안되었다. 이러한 기술들은 일반적으로 KLT (Karhunen-Loeve Transform)를 기반으로 하여 각 모드에 따라서 최적의 변환 커널을 구한 후, 부호화기와 복호화기에서 해당 커널을 고정적으로 이용함으로써 변환 부호화시 고주파 성분의 발생을 최소화시킨다. 또한, 기존의 정사각형 형태의 변환 커널뿐만 아니라 인트라 예측 모드의 블록 크기를 고려하여 16×4, 4×16 형태의 변환 커널을 이용하는 기술들도 제안되었다.

3.5 Quantization

Joint CFP의 제안기술 중 양자화와 관련된 기술에는 주파수에 따라 적응적으로 양자화를 하는 방법들이 제안되었다. 제안 기술들에서는 블록 내의 텍스처 영역에서 고주파 성분을 유지하거나, 평평한 영역에서 저주파 성분을 유지하기 위하여 주파수 밴드에 따라 적응적으로 양자화하는 기술을 사용하였다. 이러한 기술들은 기존에 KTA에

구현된 AQMS와 개념적으로 동일한 기술들이다 [16].

그리고 주관적 화질을 향상시키기 위하여 매크로블록 단위로 여러 양자화 매트릭스 중 하나를 선택하는 SAQMS (Subjectively Adaptive Quantization Matrix Selection) 기술도 제안되었다 [17].

3.6 Loop filter

H.264/AVC는 복원된 프레임에 대하여 디블록킹 필터링을 수행함으로써 블록킹 현상을 제거한다. 이러한 디블록킹 필터링 과정은 부호화기와 복호화기에서 모두 동일하게 수행되는 in-loop 형태의 구조로써, 디블록킹 필터링된 영상이 화면 간 예측에 사용됨으로써 주관적 화질 향상뿐만 아니라 부호화 성능도 향상시킨다.

H.264/AVC 이후의 차세대 코덱 개발을 위하여 VCEG에서 관리해왔던 KTA 소프트웨어에는 디블록킹 필터링된 영상과 원본 영상 간의 픽셀 에러를 최소화하는 wiener filter 구한 후, 해당 필터로 디블록킹 필터링된 영상에 다시 필터링 함으로써 부호화 성능을 향상시키는 기술들이 포함되었다. 이러한 기술들은 기본적으로 부호화기에서 wiener filter 계수를 구한 후 해당 필터 값을 복호화기로 전송하고, 복호화기에서 해당 필터를 적용함으로써 복호화 영상의 에러를 줄이는 알고리즘이다. 이 기술들은 처음에는 블록 단위로 필터의 on/off 여부를 결정하였기 때문에 BALF (Block-based Adaptive Loop Filter)[18]라 불렸으며, 최근에는 이러한 블록 단위의 on/off 에 필요한 비트 정보를 최소화시키기 위하여 그림 7과 같이 쿼드트리(Quadtree) 기반의 기술[19]들로 발전하였다.

Joint CFP의 제안 기술 중 Loop filter 기술 항목에는 QALF와 같은 wiener filter 기반의 필터 기

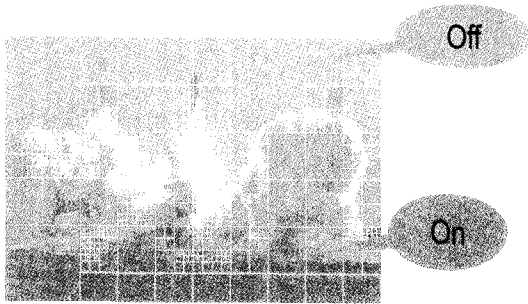


그림 7. QALF (Quadtree-based ALF)

술들이 많이 제안되었다. 각 제안 기술들은 필터링의 모양이 2D 또는 1D로 형태가 다르거나, 필터 계수 값의 예측 알고리즘, 또는 다수의 필터 집합의 사용 여부들에서 차이를 갖는다.

이러한 wiener filter 기반의 디블록킹 필터 기술 외에도 기존의 디블록킹 필터 과정이 수평과 수직 방향에 대한 필터링을 적용한 것을 개선하기 위하여, 주변 픽셀들을 이용하여 에지를 구하고 해당 에지 방향에 따라 방향성 있는 필터링을 적용하는 기술이 제안되었다.

3.7 Entropy coding

H.264/AVC의 CABAC은 부호화 성능은 우수하지만, 병렬화를 수행할 수 없어 고해상도의 영상을 실시간으로 복호화 하는 데 있어 성능상의 병목 지점이 되고 있다[20]. 최근 이러한 문제를 해결하기 위하여 다수의 병렬 CABAC 기술들이 VCEG과 MPEG에 기고 되어왔다.

Joint CFP에도 이와 관련된 여러 기술이 제안되었는데, 대표적으로 CABAC의 bin 레벨에서 병렬화하는 알고리즘과 CABAC 병렬화를 위한 Entropy Slice 개념[21]들이 소개되었다. 그리고 그림 8과 같이 CABAC 의 선택 요소 (Syntax Element) 별로 슬라이스로 나누고 이를 독립적으로 부호화함으로써 병렬적으로 복호화를 가능하

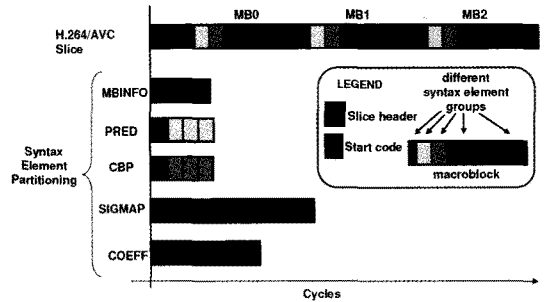


그림 8. 선택 요소 분할

게 하는 구조가 제안되었다. 이 구조에서는 여러 슬라이스를 나눌 때 각 선택 요소의 길이를 고려하여 각 슬라이스에 대한 작업량 (workload)을 균등하게 유지 시켜주는 기술들이 필요하다.

CABAC을 병렬화하기 위해 제안된 다른 기술로는 그림 9와 같이 기존의 CABAC 알고리즘에 확률 양자화기 (probability quantizer)를 추가하고 나서 여러 개의 CABAC 커널을 사용하는 방법이 있다[22]. 이 방법은 확률 양자화기에서 각 bin의 LPB (Less Significant Bin)의 확률에 따라 bin을 그룹화하고 나서, 각각의 확률 그룹별로 독립적인 커널을 사용하는 방법으로 병렬화를 적용한 것이다. 그러나 이 방법은 확률 양자화기 이후 단계에서만 병렬화를 하였기 때문에 확률 양자화 단계 이전에 수행되는 이진화 (Binarization) 과정은 순차적으로 수행된다.

그리고 양자화된 값에 대하여 효과적으로 엔트

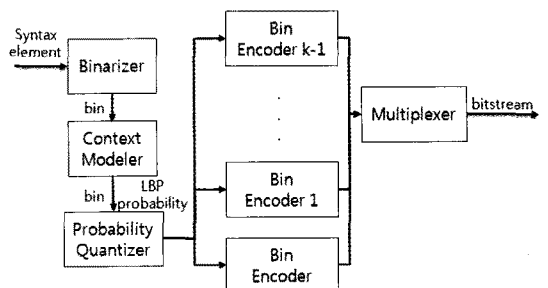


그림 9. 확률양자화기를 사용한 병렬 CABAC

로피 부호화를 수행하기 위해서 H.264/AVC의 지그재그(zigzag) 스캐닝을 대신하여 인트라 매크로블록의 모드에 따라서 서로 다른 스캐닝 방법을 사용하는 기술들도 제안되었다.

3.8 Frame buffer

Joint CFP에는 8비트 입력 영상에 대해서 내부적으로 12비트로 비트 심도를 증가시켜서 코덱 내부에서 수행하는 필터링 과정에서의 산술 에러를 최소화하여 부호화 성능을 향상 시키는 기술들이 제안되었다. 이러한 기술들은 일반적으로 IBDI (Internal Bit Depth Increase)라 불리는데, 그림 10과 같이 동작한다.

또한, 참조 프레임 버퍼에 복원된 영상을 저장할 때 압축하여 저장함으로써 움직임 예측 및 보상 과정에서 로드하는 메모리의 양을 줄이기 위한 기술이 제안되었다. 이 기술에서는 임의 접근(Random access)을 지원하기 위하여 64×64 픽셀을 하나의 압축 단위로 하여 해당 블록들에서 두 배로 압축을 수행하였다. 그러나 이러한 기술들은 참조 영상을 압축 해제하는데 추가적인 연산 과정이 필요하며, 픽셀 단위의 효율적인 임의 접근이 어렵다는 문제점을 갖는다.

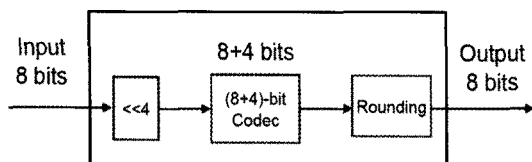


그림 10. IBDI

4. 표준화 진행 사항

4.1 TMuC

2010년 4월에 독일의 Dresden에서 열린 JCT-

VC의 첫 번째 미팅에서는 Joint CFP의 결과를 바탕으로 Test Model을 결정하기 위한 많은 논의가 있었다. 이 과정에서 각 제안 기관들은 자신들의 기술을 Test Model로 결정시키기 위하여 많은 노력을 기울였는데, JCT-VC의 미팅 중간에 BBC, Ericsson, Fraunhofer HHI, Nokia, Qualcomm, RIM, Samsung, Tandberg 는 공동으로 자신들의 기술들을 조합하여 만든 모델을 초기 Test Model로 제안하는 기고서를 제출하였다[23]. 이러한 기고서를 제출한 기관들은 주관적 화질 평가에서 높은 MOS 점수를 얻은 기관들이고, 동시에 상대적으로 복잡도가 낮은 소프트웨어 모델을 제안한 그룹들이었다.

첫 번째 JCT-VC 미팅에서는 이렇게 제출된 기고서를 바탕으로 추가로 Test Model 선정에 대한 논의를 거쳐서 마침내 TMuC 이라는 초기 모델을 선정하기로 합의하였다. 이러한 TMuC에 대한 상세한 내용 및 포함 기술들은 JCTVC-A205 문서[24]로 발행되었고, TMuC 소프트웨어는 현재 AdHoC 그룹을 통해 공동으로 구현되고 있다.

TMuC은 효과적인 Core Experiment 과정을 위하여 Joint CFP에 제출된 기술 중 부호화 성능이 높은 기술과 부호화 성능을 높이면서 동시에 상대적으로 낮은 복잡도를 갖는 기술들을 포함하고 있다. 그러나 현재의 TMuC은 이름에서도 알 수 있듯이 고려 중인 Test Model이기 때문에 현재 TMuC에 포함된 기술들이 Test Model에 선정됨을 의미하는 것은 아니다. 이러한 TMuC은 표 6의 기관들에서 제안한 기술들로 구성되어 있지만, 그 중 몇몇 기술들은 다른 기관들에 의해서도 중복적으로 제안된 것들이다. 이번 JCT-VC 미팅에서는 이러한 TMuC 선정과 더불어 Test Model의 선정에 앞서서 구체적인 부호화 기술들에 대하여 선행적으로 실험하기 위하여 TEs (Tool

Experiments)를 구성하였다. 그리고 더 일반적인 부호화 기술 분야에 대해서는 해당 기술 중 TEs를 수행할 세부 기술들을 선별하기 위한 연구를 수행하는 AdHoC 그룹들을 구성하였다.

4.2 Tool Experiments

TEs는 표 7과 같이 구체적인 분야의 부호화 기술들에 대해서 연구하기 위해 구성되었다. 현재 TEs는 네 개의 분야로 구성되어 있으며, 각 TEs에서는 서로 다른 참조 소프트웨어를 기반으로 해당 주제의 부호화 기술들을 평가하고 있다. 이는 현재 TMuC이 아직 완성되어 있지 않기 때문이며, 따라서 TEs의 주제에 따라 표 7과 같이 서로 다른 소프트웨어를 기반으로 하고 있다. 이러한 TEs에서 다루는 부호화 기술들은 현재 Test Model에 포함되어 있지 않기 때문에 Core Experiment 과정은 아니며, 각 TEs에서 다루는 자세한 내용은 JCTVC-A301~A304 문서를 참조하면 된다[7].

표 7. TEs 목록

주 제	소프트웨어
Decoder-side MV derivation (JCTVC-A301)	KTA
IBDI and memory compression (JCTVC-A302)	KTA 2.6r1
Inter prediction in HEVC (JCTVC-A303)	JM 17.0 & Qualcomm software
Variable Length Coding (JCTVC-A304)	JCTVC-A119 software

4.3 AdHoC

TEs의 주제가 특정 부호화 기술에 대한 것이었다면, AdHoC은 보다 넓은 범위의 부호화 기술

을 다루는 그룹이다. JCT-VC 미팅에서는 9개의 AdHoC 그룹을 구성하였으며, 각 그룹의 주제는 표 8과 같다. 이러한 TEs와 AdHoC 그룹의 활동은 현재 이메일 리스트를 통해서 논의가 이루어지고 있기 때문에, 해당 정보를 얻기 위해서는 이메일 리스트 그룹에 가입해야 한다[25].

이러한 AdHoC 중 TMuC editing 그룹에서는 TMuC의 문서에 대해서 현재 업데이트를 계속 진행하고 있으며, TMuC 소프트웨어 개발을 위한 AdHoC에서는 이메일을 통한 한달 간의 논의 끝에 삼성과 BBC가 제안한 JCTVC-A124 소프트웨어를 간소화한 버전을 기반으로 TMuC을 구현하기로 최종 합의하였다. 2010년 6월 현재 TMuC 소프트웨어 AdHoC 그룹에서는 자신들이 제안한 기술들에 대하여 공동으로 JCTVC-A124에 구현하는 작업을 진행 중이다.

표 8. AdHoC 그룹 목록

번호	주 제
1	JCT-VC project management
2	TMuC editing
3	Software development and TMuC software technical evaluation
4	Intra prediction
5	Alternative transforms
6	MV precision
7	In-loop filtering
8	Large block structure
9	Parallel entropy coding

5. 결 론

본 기고에서는 H.264/AVC 이후에 MPEG과 VCEG이 다시 공동으로 표준화를 시도하는 비디오 부호화 표준인 HEVC의 최신 표준화 동향에 대하여 살펴보았다. 현재 MPEG과 VCEG은 공동

으로 JCT-VC를 구성하여 Joint CfP 과정을 성공적으로 수행하였고, Core Experiment를 위한 Test Model을 선정하는 작업을 진행하고 있다. JCT-VC는 이러한 작업의 일환으로 2010년 4월에 열린 첫 번째 JCT-VC 미팅에서 고려 중인 Test Model인 TMuC을 만들었으며, 이 모델은 Joint CfP에 제출된 기술 중 부호화 성능이 우수하고 동시에 복잡도도 낮은 부호화 기술들로 구성되어 있다.

2010년 7월에 Geneva에 열린 두 번째 JCT-VC 미팅에서는 TEs와 AdHoC 그룹들에서 수행한 결과들에 대한 기고서가 제출될 것이며, TMuC 소프트웨어와 TMuC 기술 문서가 완료될 것으로 예상된다. 그리고 이러한 것들을 바탕으로 2010년 10월에 HEVC의 Test Model이 결정될 예정이며, 이후에 Core Experiment를 거쳐 2012년에 최종 표준화가 완료될 예정이다. 따라서 현재 진행되고 있는 TEs와 AdHoC 그룹들에서 다루어지는 기술들과 현재 TMuC에 포함된 기술들에 대한 상세한 분석을 통하여 향후 HEVC에 포함될 가능성이 큰 기술들에 대한 연관 연구 및 특허권 확보가 필요한 시점이다.

참 고 문 헌

- [1] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/N10175, "Vision and Requirements for High-Performance Video Coding (HVC) Codec," 2008.
- [2] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/N10553, "Call for Evidence on High-Performance Video Coding (HVC)," 2009.
- [3] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/N10721, "Results of Call for Evidence on High-Performance Video Coding (HVC)," 2009.
- [4] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N10927, "Liaison Statement to ITU-T Study Group 16 (Question 6) on High Performance Video Coding Collaboration," 2009.
- [5] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/N11112, "Terms of Reference of the Joint Collaborative Team on Video Coding Standard Development," 2010
- [6] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/N11113, "Joint Call for Proposals on Video Compression Technology," 2010.
- [7] http://ftp3.itu.org/av-arch/jctvc-site/2010_04_A_Dresden/
- [8] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/N11096, "Vision, Applications and Requirements for High-Performance Video Coding (HVC)," 2010.
- [9] International Telecommunication Union Radio Communication Sector, Recommendation ITU-R BT.500-11.
- [10] http://ftp3.itu.org/av-arch/jctvc-site/2010_04_A_Dresden/JCTVC-A204.zip
- [11] http://ftp3.itu.org/av-arch/jctvc-site/2010_04_A_Dresden/JCTVC-A203.zip
- [12] Peisong Chen, Yan Ye and Marta Karczewicz, "Video coding using extended block sizes," ITU-T Q.6/SG16 VCEG Meeting, VCEG-AJ23, Oct. 2008.
- [13] http://ftp3.itu.org/av-arch/jctvc-site/2010_04_A_Dresden/JCTVC-A124.zip
- [14] Joel Jung, and Guillaume Laroche, "Competition-Based Scheme for Motion Vector Selection and Coding," ITU-T Q.6/SG16 VCEG Meeting, VCEG-AC06, 2006.
- [15] http://ftp3.itu.org/av-arch/jctvc-site/2010_04_A_Dresden/JCTVC-A111.zip

- [16] A. Tanizawa, T. Chujoh and T. Yamakage, "Improvement of Adaptive Quantization Matrix Selection," ITU-T SG16 Q.6 Document, VCEG-A119, Berlin, July 2008.
- [17] http://ftp3.itu.org/av-arch/jctvc-site/2010_04_A_Dresden/JCTVC-A117.zip
- [18] T.Chujoh, G.Yasuda, N.Wada, T.Watanabe and T.Yamakage, "Block-based Adaptive Loop Filter," ITU-T Q.6/SG16 Doc., VCEG-A118, Berlin, July 2008.
- [19] T.Chujoh, N.Wada, G.Yasuda, "Quadtree-based adaptive loop filter," ITU-T Q.6/SG16 Doc. COM 16 C181-E, Geneva, January 2009.
- [20] V. Sze, M. U. Demircin, and M. Budagavi, "CABAC throughput requirements for real-time decoding," ITU-T SG 16/Q.6 Doc. VCEG-AJ31, San Diego, USA, October, 2008.
- [21] A. Segall and J. Zhao, "Entropy Slices for Parallel Entropy Decoding," ITU-T SG 16/Q.6 Doc. COM16-C405, Geneva, CH, April 2008.
- [22] http://ftp3.itu.org/av-arch/jctvc-site/2010_04_A_Dresden/JCTVC-A032.zip
- [23] http://ftp3.itu.org/av-arch/jctvc-site/2010_04_A_Dresden/JCTVC-A033.zip
- [24] http://ftp3.itu.org/av-arch/jctvc-site/2010_04_A_Dresden/JCTVC-A205.zip
- [25] <http://mailman.rwth-aachen.de/mailman/listinfo/jctvc>



심 동 규

- 1989년~1993년 서강대학교 전자공학 학사
- 1993년~1995년 서강대학교 전자공학 석사
- 1995년~1999년 서강대학교 전자공학 박사
- 1999년~2000년 현대전자 선임연구원
- 2009년~2002년 바로비전 선임연구원
- 2002년~2005년 Univ. of Washington senior research
- 2005년~현재 광운대학교 부교수
- 관심분야 : 영상압축, 영상신호처리, 컴퓨터비전



조 현 호

- 2001년~2008년 광운대학교 컴퓨터공학과 학사
- 2008년~2010년 광운대학교 컴퓨터공학과 석사
- 2010년~현재 광운대학교 컴퓨터공학 박사과정
- 관심분야 : 영상처리, 영상압축



남 정 학

- 1998년~2006년 광운대학교 컴퓨터공학부 학사
- 2006년~2008년 광운대학교 컴퓨터공학부 석사
- 2008년~현재 광운대학교 컴퓨터공학 박사과정
- 관심분야 : 영상압축, 멀티프로세서