

H.264/AVC를 이용한 초고해상도 부호화 실험 및 고찰

*정세윤 **임형준 **박현욱 *최진수
*한국전자통신연구원 방통미디어연구부
**한국과학기술원 전자전산학부 영상처리연구실
*jsy@etri.re.kr

Experiment and Analysis of Ultra High Definition Video Coding by H.264/AVC

*Seyoon Jeong **HyungJun Lim **Hyun Wook Park *Jin Soo Chio
*ETRI Broadcasting Media Research Group
**KAIST Image Computing Systems Laboratory

요약

최근 MPEG에서 HD (High Definition) 해상도 이상의 초고해상도 비디오를 위한 HVC 표준화에 대해 논의가 되고 있다. 본 논문에서는 HVC 표준화를 위해 기본적으로 필요한 H.264를 HD 이상의 초고해상도 부호화 적용시 문제점을 분석하기 위해 SVT 4K UHD 테스트 시퀀스와 이를 SVC Downsampling 필터를 이용하여 HD, QHD, QQHD로 변환한 시퀀스들을 이용하여 부호화 실험을 수행 하였고, 실험 결과 분석을 통해 개선 방안에 대해 논하였다.

1. 서론

최근 MPEG에서 HD (High Definition) 해상도 이상의 초고해상도 비디오를 위한 새로운 비디오 부호화 표준에 대해 논의가 되고 있다. HVC (High-Performance Video Coding) 라고 잠정적으로 명칭이 정해졌으며, 2009년 1월까지 CfE (Call for Evidence) 및 CfE를 위한 테스트 시퀀스를 모집하고 2009년 4월 CfE에 대한 응답(response)을 거쳐 2009년 말경에 CfP (Call for Proposal)가 공고되면서 표준화가 본격적으로 시작될 것으로 예상된다[1].

H.264/AVC는 현존하는 가장 우수한 비디오 부호화 표준으로, 저해상도부터 고해상도까지 범용 사용을 목적으로 개발되어, CIF 해상도의 Mobile TV 서비스에서 HD 해상도의 차세대 DVD와 DTV 서비스등에 사용되고 있다.

H.264/AVC은 범용 사용을 위해 개발되었으나, 표준이 개발될 당시 HD 이상의 고해상도 서비스가 활성화되어 있지 않았기 때문에 주로 저대역쪽 부호화쪽에 중심을 둔 Version 1 표준이 2003년 제정되었다. HD등의 고해상도를 타겟으로 한 VC-1 표준이 출현되자, H.264/AVC도 고해상도 부호화쪽 성능을 개선한 충실도 확장 (FRExt : Fidelity Range Extension) 추가 표준을 2005년에 제정하였다.

H.264/AVC FRExt 에서 고해상도를 위한 기능들이 추가되

었으나, 기존 표준과의 호환성을 고려하면서 추가되었으므로 고해상도 부호화시 비효율적인 부분이 있다는 기고가 지난 8월 MPEG 회의에 있었으며[2], 공개된 알고리즘들을 추가하여 H.264의 성능을 개선한 코덱 실험 결과를 통해 새로운 부호화 표준의 가능성을 제시한 [3,4]기고가 있었다.

상기 기고들을 기반으로, MPEG에서 HVC 표준화의 필요성에 대한 논의가 되었고, 표준화 시작을 결정하기 위한 CfE를 2009년 4월까지 추진하게 되었다.

2. 초고해상도 비디오 표준화 동향

디스플레이는 크기가 점점 대형화 되는 추세에 있다. 2.5m 시청거리 거실 환경에서 63인치 이상의 디스플레이를 사용할 경우 4K이상의 비디오가 필요하다고 알려져 있다. 또한 디스플레이가 커지면 플리커(flicker) 현상으로 눈의 피로를 느끼기 쉽게 된다. 이를 방지하기 위해 60fps 이상이 필요하다[5].

이러한 인간의 시각 특성을 고려하여 UHDTV 비디오 포맷에 대한 규격[6]이 2007년에 SMPTE 2036-1로 제정되었다.

디스플레이 시장은 가까운 장래에 4K UHD 시장으로 전환이 예상되나, H.264를 포함한 비디오 부호화 표준은 4K UHD에 사용하기에 다소 부족하므로 새로운 표준화에 대한 필요성이 높아지고 있다.

가. VCEG 표준화 동향 : KTA

H.264|AVC 이후의 표준화에 관한 논의는 먼저 ITU-T VCEG에서 KTA (Key Technical Area) 작업을 2005년 4월부터 진행하고 있으며, KTA reference S/W로 제공하고 있다. 현재 KTA reference S/W 버전은 2.1 이고 [7] 사이트에서 받을 수 있다. KTA 2.1은 JM 11.0을 기반으로 표 1의 알고리즘들이 추가된 S/W이다.

<표 1. KTA 2.1 주요 알고리즘>

AIF (Adaptive Interpolation Filter)
AQMS (Adaptive Quantization Matrix Selection)
RDOQ
Post Filter
APEC (Adaptive Prediction Error Coding)
MVComp (motion Vector Competition)
BDI (Bit depth Increment)
MDDT (Mode Dependent Directional Transform)

VCEG의 KTA 활동은 H.265를 위한 선행 작업으로 H.264와 유사하게 범용 사용을 지향하고 있으며, 새로운 표준이라기 보다는 H.264+에 가깝게 진행되고 있다. KTA에 제안되어 채택된 알고리즘들은 향후 새로운 비디오 부호화 표준에서 기반 기술로 활용 될 것으로 예측된다.

MPEG에서 2008년 7월부터 HD 이상을 주 대상으로 하는 HVC 표준화에 대한 논의가 시작되자, VCEG도 테스트 시퀀스 이 해상도를 HD 중심으로 변경하여 대응하고 있다.

나. MPEG 표준화 동향 : HVC

MPEG에서는 H.264|AVC FRExt 이후의 비디오 부호화 표준화에서 VCEG에 주도권을 빼진 상태였다. SVC와 MVC가 처음에는 MPEG에서 진행되었으나 VCEG과 공동으로 진행하는 JVT로 이관되어 표준화가 진행되면서 주도권을 잃게되었다.

최근 VCEG의 KTA 작업 진행이 더디어, 일부기관들이 MPEG으로 활동 중심을 옮겨, HD 이상의 초고해상도를 대상으로하는 새로운 표준화를 시작하자는 논의가 2008년 7월 회의부터 진행되고 있다. 특히, 삼성전자는 [4] 기고서에서 기존 H.264를 기반으로 MB (Macro Block)크기를 32x32로 확장과 예측방법을 추가하고, 16x16 Transform 과 AIF, Inloop Optimal Post Filtering, MV Competition, MV Derivation 등의 기법을 적용한 새로운 코덱과 실험 결과를 발표하였다. 1080P HD 해상도에서 Hierarchical B 구조에서 평균적으로 37%, IPPP 구조에서 36% 성능이 향상되었다. 2008년 10월 부산 MPEG 회의부터 HD 이상의 초고해상도를 위한 새로운 비디오 부호화의 명칭을 HVC (High-Performance Video Coding)로 잠정적으로 정하였으며, 2009년 1월까지 CfE (Call for Evidence) 및 CfE를 위한 테스트 시퀀스를 모집을 하고 있다.

4K UHD 해상도의 시퀀스도 모집을 하고 있다. 공개된 4K

UHD 테스트 시퀀스로 VQEG (Video Quality Experts Group)에서 제공하는 SVT 시퀀스[8]가 있으나, 필름 스캐닝을 통해 생성된 시퀀스로 노이즈가 많아 새로운 시퀀스를 모집 하고 있다.

3. 초고해상도 부호화 실험 및 고찰

가. 실험 환경

본 논문에서 실험한 환경은 표 2와 같다. 테스트를 위해 SVT(Sveriges Television AB) 시퀀스[8]중 4K UHD 해상도를 사용하였으며, SMPTE UHDTV Video 규격[6]에 따라 YUV422 10bit 포맷을 사용하였다.

해상도에 따른 부호화 특성을 파악하기 위해 4K UHD를 순차적으로 SVC 다운샘플링필터를 적용하여 HD, QHD (Quarter HD), QQHD (Quarter-Quarter HD)로 변환하여 실험에 사용 하였다.

<표 2. 실험 환경>

System environment	
OS	Windows Vista 64bit
Complier	Visual Studio 2005, 64bit compile & execution
Test sequences	
CrowdRun	YUV422 10bit
ParkJoy	UHD (3840x2160) @50Hz
DucksTakeoff	HD*(1920x1080) @ 50Hz
IntoTree	QHD*(960x540) @ 50Hz
	QQHD*(480x270) @ 50Hz
Downsampling*	SVC Down sampling filter
H.264 (JM14.1)parameter	
Number of Frames	30
QP	22,27,32,37
RDO	on
Search range	128 (UHD), 64(HD), 32 (QHD), 16 (QQHD)
Entropy	CABAC
Profile	High 4:2:2
Level	5.1

YUV422 10bit를 부호화 하기 위해 High 4:2:2 프로파일을 사용하였으며, 4K UHD 시퀀스를 부호화하기 위해서는 H.264의 최상위 레벨인 5.1을 사용하였고, 32bit 환경에서 프로그램에서 사용가능한 메모리 용량한계로 64bit OS와 JM 14.1을 64bit로 컴파일 하고 실행하였다.

나. 인트라 부호화 실험

먼저 각 해상도별에 따른 H.264의 부호화 특성을 파악하기 위하여 Intra 부호화 실험을 하였다. 분석하기 위해 Intra 모드 분포 비율과 RD Curve를 작성하였다. 각 해상도별 부호화 특성을 비교하기 위해 RD Curve에서 비트율은 MB당 비트율로

크기 정규화를 하여 비교를 하였다.

그림 1은 ParkJoy 시퀀스의 Intra 부호화 결과의 각 모드별 분포를 도시한 것이다. QP가 37인 저비트율에서는 Intra4x4 모드의 비율이 해상도가 증가할 수록 줄어드는 것을 볼 수가 있다. QP가 22인 고비트율에서는 HD 해상도까지는 Intra16x16의 비율이 증가하나 UHD에서는 Intra16x16 비율이 오히려 줄었고 Intra8x8 비율이 가장 많은 비율을 차지하고 있다. 이러한 경향은 SVT 시퀀스들의 실험 결과를 평균을 취해도 볼 수 있었다.

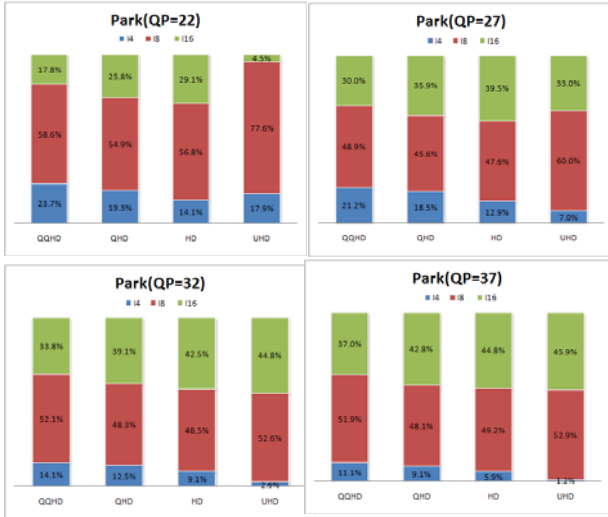


그림 1. Intra 부호화 모드 분포 결과 (ParkJoy)

MPEG [3] 기고서에서는 HD 해상도에서 Intra4x4모드의 비율이 낮아서 Intra4x4 모드를 사용하지 않아도 성능의 저하가 거의 없다는 결과를 제시하였다. SVT 시퀀스의 실험 결과에서는 QP 37일 때 Intra4x4의 비율이 UHD 해상도의 경우 3.6%, HD 해상도의 경우 11.2%로 QP 22 일때는 UHD 해상도의 경우 19%, HD 해상도의 경우 18% 였다. 저비트율에서는 기고서[3]의 내용이 맞다고 판단할 수 있으나, 고비트율에서는 Intra4x4가 필요한 상태라고 판단된다. 그러나, 초 고해상도 부호화를 위해서는 크기가 큰 Intra 예측 모드도 필요하므로, 선택스 최적화와 RDO 복잡도를 줄이기 위해 예측 모드 수를 적절하게 유지하는 것이 필요하므로 Intra4x4모드를 제거하는 것이 바람직 할 것이다. Intra4x4를 모드를 제거하기 위해서는 Intra8x8과 Intra16x16의 예측 성능을 개선하여야 할 것이다. 이러한 근거로 [3]기고에서는 Intra16x16의 예측방향을 더 많이 사용하였다. 보다 부호화 성능을 높이기 위해서는 Transform 크기도 커져야 할 것이다. VC-1에는 8x16, 16x8 Transform을 사용하고 있고, KTA에서는 MDDT의 경우 16x16 Transform도 사용하고 있다.

그림 2의 R-D Curve를 보면 해상도가 증가함에 따라 HD까지는 H.264의 부호화 성능이 지속적으로 향상되나, UHD의 경우는 저비트율(QP32,QP37)에서는 우수한 성능을 보이나, 고비트율에서는 급격히 성능이 떨어짐을 볼 수 있다.

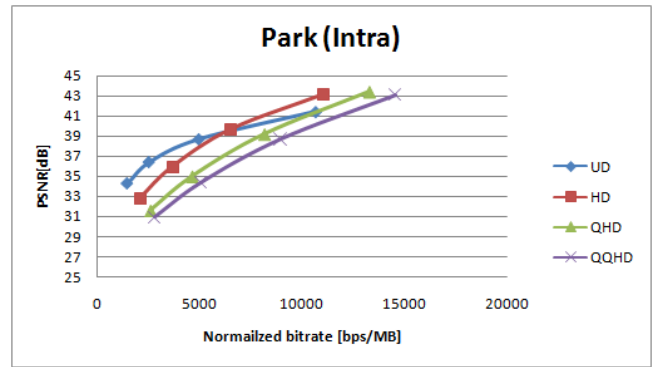


그림 2. Intra 부호화 R-D Curve (ParkJoy)

SVT 4K UHD 시퀀스는 기존 HD 테스트 시퀀스에 비해 노이즈가 상대적으로 많아 이러한 결과를 보인 것으로 파악된다. 저비트율에서는 큰 양자화로 인하여 노이즈의 영향이 적으나, 고비트율에서는 노이즈의 영향을 받아 부호화 성능이 떨어진 것으로 판단된다.

다. 인터 부호화 실험

실제 H.264의 부호화 특성을 분석하기 위해 Inter 부호화 실험을 수행 하였다. 실험 조건은 표 2와 VCEG 공통실험 조건 [9]을 사용하였다.

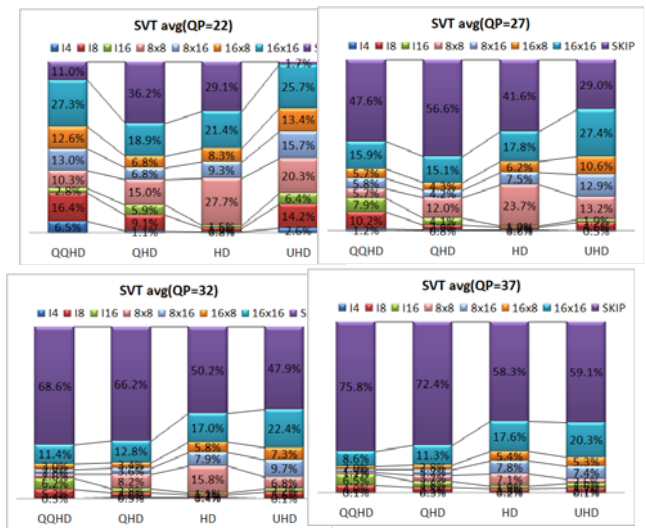


그림 3. IPPP 부호화 모드 분포 결과 (SVT average)

그림 3은 IPPP 예측 구조 부호화시 SVT 시퀀스의 평균적인 모드 분포도이다. 실험 결과 특이한 점은 해상도가 증가할수록 SKIP의 비율이 해상도가 커짐에 따라 줄어드는 것을 볼 수가 있다. 이러한 현상은 UHD 시퀀스 자체의 텍스처 정보 증가에 따른 현상인지, 노이즈의 영향인지는 MPEG에서 2009년에 공개할 4K UHD 시퀀스를 이용해 추후 추가로 분석을 수행할 예정이다. 특히 QP가 22일때는 UHD에서 Skip 비율이 1.7%로 매우 적었다. SKIP은 부호화 성능에서 가장 큰 영향을 주는 모

드이므로, 향후 HVC는 초고해상도에서 Skip 모드의 비율을 높일 수 있는 방법이 반드시 고려가 되어야 할 것이다.

두 번째 특이 사항으로 QP가 22일 때 UHD에서 Intra 모드의 비율이 23.2% 로 높은 비중을 차지하였다. 이는 UHD로 해상도가 커지면서 MB내의 텍스처 정보가 복잡해져 Inter 예측보다 주변 화소의 상관성을 이용한 Intra 예측 성능이 더 효과적인 경향이 나타나는것으로 파악된다.

RD-Curve 특성은 IPPP와 IBBP가 유사하여서 IBBP 의 경우만을 그림 4에 도시하였다.

그림 4의 경우는 비트율을 HD 시퀀스 크기로 정규화 및 Mbps 단위로 표시하여 서비스적 측면에서 이해가 용이하도록 하였다. 즉, UHD의 비트율은 1/4 배하고, QHD의 비트율은 4 배, QQHD는 16배하였다.

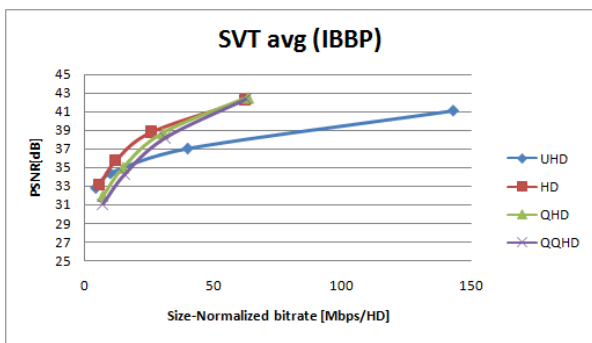


그림 4. IBBP 부호화 R-D Curve (SVT average)

그림 4에서 알 수 있듯이 H.264는 4K UHD에서 성능 개선이 필요하며, B프레임과 P프레임의 부호화 특성을 줄이는 방법이 추가로 필요하다고 판단된다. 특히 UHD에서는 QP 22~27인 고비트율에서는 잔여계수의 비율이 90%를 넘게 차지하므로 보다 효율적인 Inter 예측이 필요하다고 판단된다.

4. 결론

본 논문에서는 HD 이상의 초고해상도 부호화를 위한 HVC 표준화를 위해 필요한 H.264의 문제점 분석을 위해 SVT 테스트 시퀀스를 이용하여 Intra와 Inter 부호화 실험을 하였고, 개선 방안에 대해 논하였다. 향후 과제로는 MPEG에서 공개할 새로운 4K UHD 시퀀스의 특성에 대해서도 분석을 추가하고, KTA에 포함된 각 알고리즘들을 4K UHD 부호화에 적용하여 문제점 분석 및 개선점을 도출하는 연구 진행이 필요하다.

참고 문헌

- [1] N10113, "Resolutions of 86th meeting", ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, Busan, Korea, oct. 2008.
- [2] K. H. Lee, etc. "Analysis for Ad Hoc Group on New Challenges in Video Coding Standardization," ISO/IEC MPEG 85th meeting, M15579, Hannover, Germany, Jul. 2008.
- [3] K. H. Lee, etc. "Technical considerations for Ad Hoc Group on New Challenges in Video Coding Standardization," ISO/IEC MPEG 85th meeting, M15580, Hannover, Germany, Jul. 2008.
- [4] E. Alshina, etc. "Technical considerations on New Challenges in Video Coding Standardization," ISO/IEC MPEG 86th meeting, M15899, Busan, Korea, oct. 2008.
- [5] 박두식, "UD 미디어 현황 및 전망", 디지털방송산업전략위크샵, 2008년 7월.
- [6] SMPTE 2036-1 UHDTV- Image Parameter Values for Program Production, 2007.
- [7] <http://iphome.hhi.de/suehring/tml/download/KTA/>
- [8] ftp://vqeg.its.bldrdoc.gov/HDTV/SVT_MultiFormat/
- [9] T.K. Tan and etc. "Recommended Simulation Common Conditions for Coding Efficiency Experiments revision 1," ITU-T SG16/Q.6, VCEG-AE10r1, Jan. 2007.