

초고해상도 부호화기의 최적화를 위한 TU 분할 효과 분석

*왕희돈, **김연희, *김중혁, **전동산, *위영철,
*아주대학교, **한국전자통신연구원
*{peroth, naidem, ycwee}@ajou.ac.kr
**{kimyounhee, dschun}@etri.re.kr

An analysis of TU split effect in HEVC encoding

*Heedon Wang, **Younhee Kim, *Jonghyuk Kim, **DongSan Jun, *Youngcheul Wee
*Ajou University, **ETRI

요 약

본 논문에서는 HEVC(High Efficiency Video Coding) 부호화기에서 사용되는 TU(Transform Unit) 분할이 깊이에 따라 속도와 화질과 압축률에 미치는 영향을 분석한다. 현재 HD 영상의 표준 부호화기로 사용되던 H.264/AVC 를 대신할 차세대 부호화기인 HEVC 에 대한 표준화 작업이 이루어지고 있으며 이러한 HEVC 부호화기의 특징 중 하나로 영상 압축 시 CU, PU, TU 로 세분화 된 단위를 사용한다는 점을 들 수 있다. HEVC 의 reference software 인 HM 의 경우 기존 H.264/AVC 에 비하여 UHD 영상에서 최대 40%에 가까운 비트 절감률을 보이지만 최적화가 이루어지지 않아 실시간 부호화에는 적합하지 않은 속도를 보인다. HM 에서는 각 CU 나 TU 에 대하여 quadtree 형식으로 분할하여 부호화를 수행한 후 최적의 분할 형태를 취하는 방식을 사용하기 때문에 많은 시간을 소요하게 되며 분할되는 깊이에 비례하여 기하급수적으로 속도가 느려지게 된다. 본 논문에서는 TU 가 분할되는 깊이가 부호화 화질과 속도에 어느 정도 영향을 미치는지를 분석하고 화질 손상을 최소화 하는 최적의 TU 분할 깊이를 제안하여 보기로 한다.

1. 서론

현재 세계 주요 나라에서는 HDTV 방송을 서비스하고 있으며 Blue-ray 디스크와 같은 대용량 저장매체를 통해서도 HD 비디오 콘텐츠를 쉽게 찾아볼 수 있는 등 HD 영상물이 일반화 되어 있다고 할 수 있다. 하지만 HD 를 능가하는 고화질 영상에 대한 요구의 증가 및 60 인치 이상의 대형 디스플레이 장치에서는 1280×720, 1920×1080 의 해상도를 갖는 HD 영상의 경우 화질이 저하되는 문제로 기존 HD 영상의 해상도를 능가하는 영상의 필요성이 대두되고 있다. 따라서 세계 각국의 디스플레이 업체들은 4K, 8K 디스플레이 장치를 개발 및 판매 중이며 방송사들은 HD 이후 방송 서비스로 가정에서 Ultra HD(7680x4320) 영상을 감상할 수 있는 UHDTV 서비스를 준비하고 있다.

하지만 UHD 영상은 HD 영상에 비해 16 배 이상의 화면 크기를 가지며 화소 당 비트수의 증가를 고려하면 실제 데이터량은 그 이상이라 할 수 있다. 이러한 데이터 량의 증가를 감당하기 위해서는 전송인프라, system 성능, bus bandwidth, 영상 압축 기술 등 다양한 부분에서의 기술 혁신이 요구되는데 그 중에서도 영상 압축을 담당하는 부호화 기술이 가장 핵심 기술이라 할 수 있다[1] [2].

NHK 에서는 H.264/AVC 부호화기를 병렬로 연결하여 8K 영상을 실시간 부호화하는 시스템을 개발하였다. 하지만

H.264/AVC 를 UHD 영상의 부호화에 이용할 경우 원하는 압축률을 얻을 수 없는 문제점이 있다. 따라서 기존 영상 압축 기술의 성능을 크게 향상시키기 위해 ISO/IEC MPEG 과 ITU-T VCEG 이 공동으로 차세대 영상 압축기술에 대한 연구 및 표준화 작업을 HEVC 라는 이름으로 진행하고 있으며 각종 coding tools 의 검증을 위해 HM 이라는 HEVC reference software 를 개발 및 배포하고 있다.

HM software 의 경우 압축률 개선에 중점을 두고 기존보다 향상된 새로운 자료 구조 및 알고리즘을 다수 탑재하여 압축률이 상당히 개선되었으나 속도에 대한 고려는 충분히 이루어지지 않아 아직 실시간 부호화가 가능한 수준이라고 보기는 어렵다. 따라서 압축률을 최대한 유지하면서 속도를 개선 시키기 위한 연구가 지속적으로 필요하다고 할 수 있다.

본 논문에서는 HEVC 에서 도입된 새로운 자료 구조인 CU, PU, TU 중 속도와 압축률을 종합적으로 고려한 최적의 TU 분할 깊이를 알아보고자 한다. 이를 위해 기본 실험 환경을 설정하고 이 설정에서 TU 분할 깊이를 변경해가며 실험을 통하여 TU 깊이와 압축률의 관계를 알아보고 화질 손실을 최소화 하면서 최대한 속도 향상을 이끌어 낼 수 있는 지점을 찾는다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 절에서는 초고해상도 부호화기 및 CU, PU, TU 자료구조에 대해 알아본 후 3

절에서는 실험의 기본 조건 및 방법에 대하여 설명한다. 4 절에서는 실험 결과를 정리하고 분석한다. 5 절에서는 본 논문에 대한 결론을 맺는다.

2. 초고해상도 비디오 부호화기

가. HEVC 비디오 부호화기의 특징

HEVC 의 특징 및 새로 도입된 부호화 도구를 일부 소개하면 아래와 같은 항목을 들 수 있다.

- Adaptive Loop Filter : 고정된 필터링이 아닌 이미지의 상태를 고려하여 여러 필터 중 최적의 필터를 적용시킨다.
- Extended macroblock size : 최대 128x128 크기의 Macroblock 사용이 가능하다.
- Large Transform size : 4x4~32x32 크기의 transform matrix 를 사용하는 것이 가능하다.
- Modification intra prediction : 발전된 intra prediction 방법을 사용한다. 대표적으로 predicted image 를 만들 때 사용하는 각도가 증가하였다.
- Modified de-blocking filter : 향상된 de-blocking filter 를 사용한다.
- Decoder side motion vector derivation : Motion vector 를 압축된 비트스트림에 포함시키는 것이 아닌 복호화기 측에서 계산해내어 압축률을 향상시킨다.

이외에도 internal bit depth increase, adaptive quantization matrix selection 등 각종 향상된 도구들이 포함되었다.

나. CU, PU, TU

HEVC 에서는 기존 H.264/AVC 에서 사용되던 macroblock 단위 대신 quadtree 구조의 CU, PU, TU 로 세분화되었다.

1) CU(Coding Unit)

부호화가 이루어지는 정사각형의 기본 단위이다. 최소 8x8 에서 최대 128x128 의 크기를 가진다. 프레임 단위 loop filtering 을 제외한 모든 처리(inter/intra prediction, transform, quantization, entropy coding)는 CU 단위로 이루어진다. 하나의 CU 는 quadtree 형태로 분할되는 것이 가능하다. CU 는 이러한 quadtree 구조를 취하여 단순한 이미지 부분(예 : 배경)은 큰 CU 를 취하고 복잡한 이미지일 경우는 분할된 작은 CU 를 취하여 압축률을 높인다.

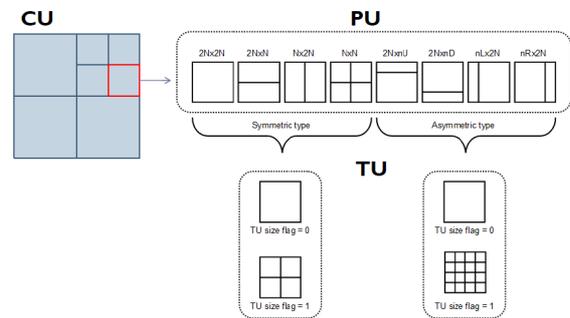
2) PU(Prediction Unit)

CU 가 분할된 후 각각의 분할된 CU 는 PU 로 분할되게 된다. PU 는 예측(prediction) 이 이루어지는 단위이며 inter

prediction 의 모션 벡터 연산이나 intra prediction 의 예측 방향 결정은 모두 PU 단위로 이루어진다. PU 는 skip, inter, intra 의 세 가지 mode 가 있다. PU 크기가 CU 와 같은 경우를 2Nx2N 으로 간주하며 PU 의 크기는 skip mode 의 경우 2Nx2N 이며 intra mode 의 경우는 2Nx2N 과 NxN, inter prediction 의 경우는 대칭 형태의 2Nx2N, 2NxN, Nx2N, NxN 및 비대칭 형태의 2NxNu, 2NxD, nLx2N, nRx2N 으로 분할되는 것이 가능하다.

3) TU(Transform Unit)

Transform 과 Quantization 이 이루어지는 단위이다. TU 의 크기는 PU 보다 클 수는 있으나 CU 보다는 작다. CU 와 마찬가지로 분할되는 것이 가능하다.



<그림 1. CU, PU, TU 의 관계>

3. 실험 설계

TU split 효과를 알아보기 위한 실험은 다음과 같이 설계하였다. HM2.1 을 사용하였으며 기본적인 환경 설정은 encoder_randomaccess.cfg 를 기준으로 하였다.

LCU size	64x64
Max CU depth	4
List 0 Reference 개수	2
List 1 Reference 개수	2
QP	22, 27, 32, 37
QuadtreeTUMaxDepthInter	4, 3, 2, 1
QuadtreeTUMaxDepthIntra	4, 3, 2, 1

<표 1 : 실험 조건 요약>

TU 분할 효과를 알아보기 위해 다른 조건들은 모두 동일하게 유지한 상태에서 최대 TU 분할 깊이를 의미하는 QuadtreeTUMaxDepthInter, QuadtreeTUMaxDepthIntra 항목을 각각 1~4 까지 변경하고 각각의 TU 설정마다 QP 를 22, 27, 32, 37 로 설정하여 총 64 가지의 경우로 각각 부호화를 수행 해 본 후 압축 속도, 화질, 압축률의 관계를 분석해 보았다. 실험에 사용한 영상은 해상도 2560x1600, 30 프레임/초 영상인 PeopleOnStreet 를 사용하였다.

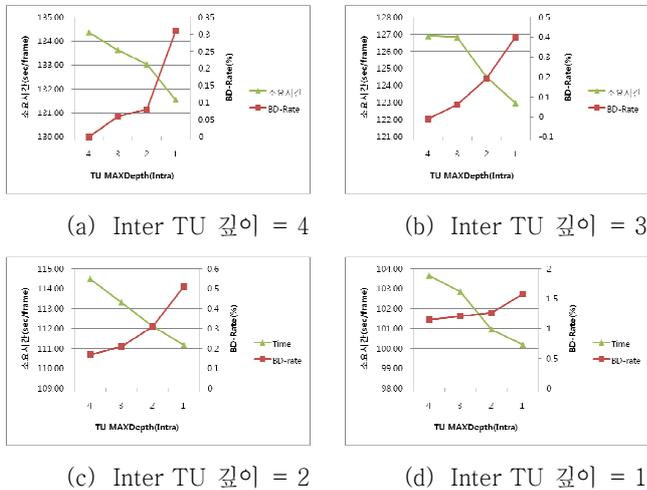
실험에 사용한 PC 의 사양은 아래와 같다.

CPU	Intel core I5 M520 2.4GHz
RAM	4.00GB
OS	Windows 7 home premium K 64bit
Compiler	Visual studio 2008

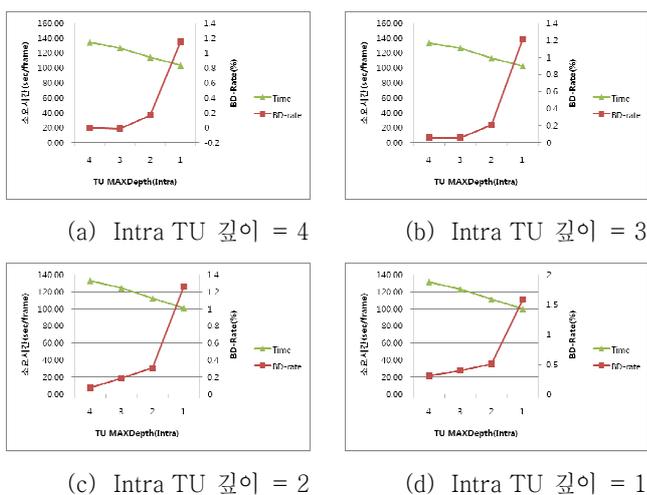
<표 2 : 실험에 사용한 PC 환경>

4. 실험 결과 및 분석

총 64 개의 경우에 대해 실험을 수행한 후 이를 QuadtreeTUMaxDepthInter 값을 고정하고 QuadtreeTUMaxDepthIntra 값을 변화시킨 경우(<그림 2>)와 그 반대의 경우(<그림 3>)의 서로 다른 관점에서 정리한 결과는 다음과 같다.



<그림 2. Inter TU 깊이 고정, intra TU 깊이 변화 >



<그림 3. Intra TU 깊이 고정, inter TU 깊이 변화>

<그림 2>의 경우 TU 분할 깊이가 intra mode CU 에 미치는 영향, <그림 3>는 inter mode CU 에 미치는 영향을 각각 알 수 있다.

위 결과를 보면 intra CU 에서의 TU 분할 깊이가 1 씩 줄어들며 따라 프레임 당 부호화 소요시간은 약 1 초가량 비례하여 감소하고, BD-rate 에 미치는 영향은 깊이 2 까지는 약 0.05%~0.1% 내외로 조금씩 감소하다가 깊이 1 에서 0.3% 정도로 상대적으로 높게 상승하는 것을 알 수 있다.

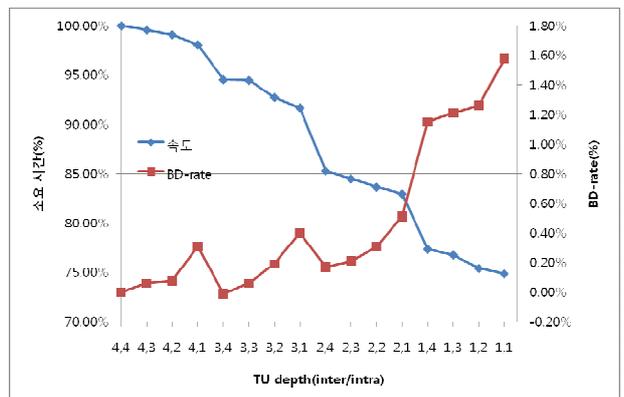
<그림 3>을 보면 intra mode CU 에서 결과 1 과 마찬가지로 프레임 당 부호화 소요시간은 TU 깊이의 감소에 비례하여 깊이당 10 초가량 줄어들지만 BD-rate 의 경우 깊이 2 까지는 0.1~0.2% 정도로 증가하다가 깊이 1 에서 1%가량 급격히 상승하는 것을 확인할 수 있다.

전체적으로 TU 분할이 영상의 화질과 압축률에 미치는 영향은 깊이가 증가함에 따라 소요되는 시간에 비해 미미한 편이라고 할 수 있다. 위 결과에서 inter CU 에서의 TU 분할 깊이 결과<그림 3>의 경우가 <그림 2>에 비해 미치는 영향이 큰 것은 단순히 영상에서 inter CU 가 더 많이 발생하기 때문으로 추측되며 전체적으로 TU split 은 깊이가 2 이상일 경우에는 효과가 크지 않다는 것을 확인할 수 있었다.

TU 분할 깊이와 속도, BD-rate 의 관계를 종합적으로 정리한 결과는 아래 표와 같다.

TU maxdepth inter	TU maxdepth intra	속도	BD-rate
4	4	100.00%	0.00%
4	3	99.57%	0.06%
4	2	99.10%	0.08%
4	1	98.08%	0.31%
3	4	94.54%	-0.01%
3	3	94.48%	0.06%
3	2	92.74%	0.19%
3	1	91.68%	0.40%
2	4	85.30%	0.17%
2	3	84.48%	0.21%
2	2	83.65%	0.31%
2	1	82.96%	0.51%
1	4	77.36%	1.15%
1	3	76.78%	1.21%
1	2	75.41%	1.26%
1	1	74.86%	1.58%

<표 3. TU 분할 깊이에 따른 속도와 BD-rate 관계>



<그림 4. TU 분할 깊이에 따른 속도와 BD-rate 관계>

위 결과에 따르면 가장 속도에서 이득을 보며 상대적으로 화질 손상을 최소화 하는 지점은 inter CU 에서 TU 깊이 2, intra CU 에서 TU 깊이 1 이라고 할 수 있다. 이 경우 inter CU 에서 TU 깊이 4, intra CU 에서 TU 깊이 4 에 비하여 BD-rate 는 0.5% 가량 상승하고 속도는 약 17% 향상됨을 확인할 수 있었다.

5. 결론

본 논문에서는 HEVC 부호화기에서 TU 분할 깊이가 부호화 속도와 압축률에 미치는 영향을 알아보았다. 전체적으로 TU 분할은 소모되는 시간에 비해 BD rate 에 미치는 영향은 미미하였으며 inter CU 의 경우 TU 분할 깊이 2, intra CU 의 경우 TU 분할 깊이 1 로 부호화를 수행하였을 때 화질 손상을 최소화 하면서도 가장 큰 속도 이득을 볼 수 있었다. 앞으로의 연구에서는 효과적인 TU 분할 모드 결정 알고리즘을 고안하여 TU 분할 깊이에 따른 속도 저하를 극복할 수 있을 것이다.

Acknowledgement

본 연구는 방송통신위원회의 ETRI 연구개발지원사업의 연구결과로 수행되었음. [KCA-2011-11921-02001]

6. 참고 문헌

- [1] 초고선명 비디오 부호화 기술 동향, 전자통신동향분석 제 24 권 제 3 호 2009 년 6 월, p69~p77, 최해철 외 3 명
- [2] HEVC 표준화 동향과 Test-Model Version 1 의 구성 및 성능, 방송공학회지 15 권 4 호 p9~p22, 2010 년 12 월, 한우진
- [3] JCT-VC A124: Samsung' s Response to the Call for Proposals on Video Compression Technology
- [4] JCT-VC D502: High Efficiency Video Coding (HEVC) Test Model 2 (HM 2) Encoder Description