

HEVC에서 Rough mode decision과 Most probable mode에 기반을 둔 고속 인트라 예측 모드 결정 방법

*이승호 **박상호 **장의선

*한양대학교 컴퓨터공학부 **한양대학교 디지털미디어 연구실

*esjang@hanyang.ac.kr

Fast intra prediction mode decision based on rough mode decision and most probable mode in HEVC

*Seung-ho Lee **Sang-hyo Park **Euee Seon Jang

*Hanyang University Division of Computer Sciences and Engineering

**Hanyang University, Digital Media Laboratory

요약

차세대 동영상 표준 코덱인 High Efficiency Video Coding(HEVC)은 기존의 AVC/H.264 보다 동일 화질 대비 최대 약 2배의 압축 성능을 보여준다. 이러한 HEVC의 성능을 얻기 위하여 복잡한 연산이 많은 기법이 도입되었고 이로 인하여 HEVC의 시간 복잡도는 AVC/H.264보다 더욱 증가하였다. HEVC의 시간 복잡도를 줄이기 위해서 다양한 고속 알고리즘이 논의되고 있고 인트라 예측 모드에서의 고속 알고리즘 연구 또한 많은 연구가 이루어지고 있다. 본 논문에서는 인트라 예측 모드 결정 과정에서 HEVC에 구현된 Rough mode decision(RMD)와 Most probable mode(MPM)의 결과를 활용하여 고속화된 최종 예측 모드 결정 방법을 제안한다. 실험 결과, HM 10.0의 All Intra 환경을 기준으로 BD-rate에서 약 0.9%의 손실과 함께 평균 24%의 속도 향상을 얻을 수 있었다.

1. 서론

최근 고해상도, 고화질 영상 서비스에 대한 관심이 부쩍 높아지고 영상 서비스의 수요가 폭발적으로 증가하면서 매우 많은 양의 영상 데이터를 효율적으로 관리해야하는 점이 부각되고 있다. 이러한 흐름에 맞춰 ISO/IEC 산하의 Moving Picture Experts Group(MPEG)과 ITU-T산하의 Video Coding Experts Group(VCEG)가 Joint Collaborative Team on Video Coding(JCT-VC)를 구성하여 2010년 1월부터 High Efficiency Video Coding(HEVC) 개발에 착수하였고, 2013년 1월에 HEVC의 표준화를 완료하였다.

HEVC는 이전 세대 동영상 표준 코덱인 AVC/H.264와 비교하여 동일 화질 대비 최대 약 2배까지의 압축률을 보여줌으로써 고해상도를 비롯하여 초고해상도, 초고화질 영상의 효율적인 관리를 가능하게 만들었다.[1] HEVC 초기에는 압축률을 극대화하기 위하여 AVC/H.264 보다 정밀한 기술을 많이 포함하였기 때문에 부호화 연산의 시간 복잡도가 상당히 증가하였다.[2] 그 예로, AVC/H.264에서는 9가지의 인트라 예측 모드의 계산만이 필요하였으나, HEVC에서는 최대 35가지의 경우의 수가 생겼다. 이에 따라 압축 효율은 유지하되, 시간 복잡도를 줄이려는 연구가 필요하다.

HEVC에서의 인트라 부호화 예측은 영상을 효과적으로 압축시키는 좋은 방법의 하나이지만, 전체 부호화 시간에서 약 20% 이상을 차지할 정도로 시간 복잡도가 매우 높다.[3] 또한 기존의 AVC/H.264의 예측 시간보다 약 3배가 소요된다.[4] 이러한 인트라 부호화의 높은 시간 복잡도를 해결하기 위하여 예측 방향 개수의 최적화,[5] 병렬화 기법을 활용한 알고리즘 개선,[6] RD(Rate-Distortion) cost 연산을 최소화하는[7][8] 등의 연구가 진행되었으나 여전히 개선의 여지가 남아있다. 이에 본 논문은 더 적은 BD-rate 손실과 더 높은 부호화 시간 감소를 위하여 새로운 인트라 예측 모드 고속 결정 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 HEVC의 인트라 예측에 대한 설명과 함께, 본 제안 기술의 축을 이루는 Rough mode decision(RMD)와 Most probable mode(MPM)에 대하여 설명한다. 3장에서는 이를 활용한 새로운 제안 방법을 설명한다. 그리고 4장에서 HEVC에 제안 방법을 적용한 실험 결과를 설명하고 5장에서 결론을 맺는다.

2. HEVC에서의 인트라 예측 모드

HEVC의 인트라 예측 방법과 AVC/H.264의 인트라 예측 방법을 비교했을 때, 가장 명확한 차이점은 예측 단위(Prediction unit, PU)의

* This work was supported by the strategic technology development program of MSIP. [KI001798, Development of Full 3D Reconstruction Technology for Broadcasting Communication Fusion]

크기와 예측 모드의 수이다. AVC/H.264의 예측모드 크기는 최대 16x16이었으나 HEVC의 PU 크기는 최대 64x64까지 커졌다. 또한, AVC/H.264의 인트라 예측 모드는 최대 9가지를 지원하지만 그림 1과 같이 HEVC는 최대 35가지를 지원하기 때문에 보다 유연하면서도 다양한 방향에 대하여 인트라 예측을 할 수 있다. 그 결과, HEVC의 인트라 예측은 AVC/H.264의 인트라 예측보다 정확한 예측이 가능하게 되었지만, 인트라 예측 모드를 최종 결정하기 위한 RD cost 연산량이 많아져 높은 시간 복잡도를 가지게 되었다.

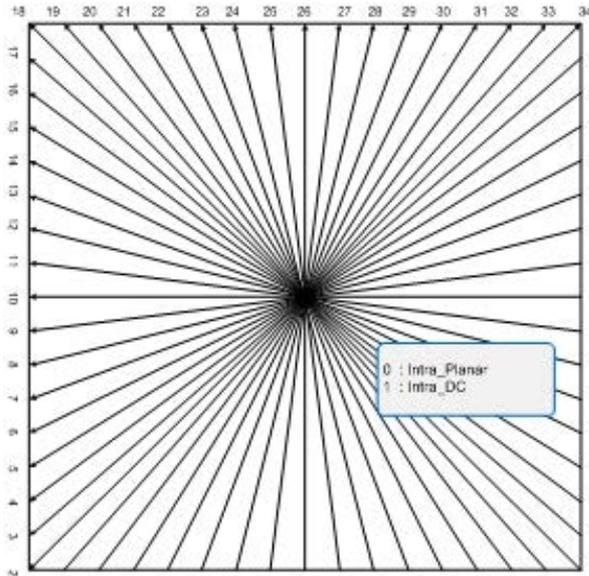


그림 1. HEVC에서의 인트라 예측 방향

이러한 문제점을 해결하기 위하여 HEVC에는 RMD(Rough mode decision) 과정과 MPM(Most probable mode)이 추가되었다. RMD는 현재 예측하려는 PU를 하다마다 변환을 이용하여 빠르게 최종 예측 모드의 후보들을 찾는 과정이다. 이를 통하여 모든 예측 모드에 대하여 RDO 연산을 하지 않게 되어 높은 시간 복잡도를 어느 정도 낮출 수 있다.[9] MPM은 현재 예측하려는 PU로부터 인접한 PU의 최종 예측 모드를 통하여 찾은 최고확률모드를 의미한다. MPM을 추가함으로써 RMD에서 도출한 최종예측모드 후보군의 수를 줄일 수 있기 때문에 마찬가지로 RDO 연산을 줄일 수 있다.[10] 이러한 RMD와 MPM을 이용하여 고속화를 적용한 알고리즘이 이미 존재한다.[7][8] 그러나 이러한 알고리즘은 추가적으로 TU(Transform unit)의 정보가 필요하거나,[7] 각 PU마다 기존의 MPM에 추가적인 MPM을 더 필요로 하면서 그에 따라 추가적인 비교 연산 및 Threshold 연산을 요구한다.[8] 그렇기 때문에 추가적인 메모리와 연산이 필요하다. 또한 이전 깊이 CU(Coding unit)의 정보를 이용하기 때문에 최소 깊이에서의 고속화 알고리즘 적용이 불가능함은 물론, 최소깊이의 CU 블록이 많아지는 고해상도 영상에서는 고속화 알고리즘이 충분히 활용되기 어려운 점이 있다.

그러나 본 논문에서는 이러한 단점을 극복하고자 최소 깊이에서도 적용이 가능한 고속 알고리즘을 제안한다. 또한 다른 추가적인 정보 없이, RMD를 통하여 도출한 최종 예측 모드 후보군과 기본적인 MPM 계산을 활용하여 RDO 연산을 최소화하는 방법을 다음 장과 같

이 제안한다.

3. RMD의 결과와 MPM을 활용한 최종 예측 모드 결정 방법

표 1은 제안하는 기술의 기반이 되는 RMD 과정에서 어떠한 비율을 계산하여 사용하는지에 대하여 보여준다. 표 1에서 P(M)은 RMD 과정을 통하여 도출한 최종 예측 모드의 후보군 중에서 제일 최적의 결과를 가진 예측 모드가 MPM인 비율이다. P(M∩B)는 최종 예측 모드의 후보군 중에서 제일 최적의 결과를 가진 예측 모드가 동시에 MPM이면서 실제 RD cost 연산을 거쳐 최종 예측 모드로 결정된 경우에 대한 비율을 보여준다. 그리고 P(B | M)은 최종 예측 모드의 후보군 중에서 제일 최적의 결과를 가진 예측 모드가 MPM일 때, 해당 모드가 실제 RDO 연산을 거쳐 최종 예측 모드로 확정된 비율을 보여준다.

표 1의 확률을 위한 실험 영상은 Class B 1개, Class C 2개, Class D 3개를 선정하였다. Class B에서는 Cactus를 활용하였고 Class C에서는 PartyScene, BasketballDrill을, Class D에서는 RaceHorses, BasketballPass, BlowingBubbles를 활용하였다. 또한, QP는 22, 27, 32, 37의 4가지를 모두 사용하였고 각 QP별로 도출한 결과를 Sequence별로 분류하여 합한 다음, 비율을 계산하였다.

RMD 과정을 통하여 도출한 후보군 중에서 제일 최적의 결과를 가진 예측 모드와 MPM이 같은 비율은 약 70%로 나타났으며 그와 동시에 해당 예측 모드가 RDO 계산을 거쳐 실제로 최종 예측 모드로 결정된 비율은 약 55%인 것으로 나타났다. 이를 조건부 확률로 계산해본 결과, 제일 최적의 결과를 가진 예측 모드와 MPM이 같았을 때, 그 예측 모드가 실제로 최종 예측 모드로 결정되는 비율이 약 78%에 이르는 것을 알 수 있었다.

표 1. RMD 과정에서 제일 최적의 결과를 가진 예측 모드와 MPM에 대한 확률

테스트 영상	P (M)	P (M ∩ B)	P (B M)
Cactus	74.13%	58.43%	78.83%
PartyScene	57.37%	41.27%	71.95%
BasketballDrill	70.86%	56.75%	80.08%
BasketballPass	69.03%	52.22%	75.65%
BlowingBubbles	52.20%	35.72%	68.43%
RaceHorses	60.67%	43.53%	71.76%
평균	70.46%	54.82%	77.81%

이 결과를 바탕으로 그림 2와 같은 방법을 제안한다. RMD를 과정을 통하여 도출한 후보군 중에서 제일 최적의 결과를 가진 예측 모드가 MPM일 경우, 해당 모드만 RDO 연산을 거쳐 최종 예측 모드로 결정되도록 한다. 반대로 RMD 후보군 중에서 제일 최적의 결과를 가진 예측 모드가 MPM이 아니라면 기존의 방법을 통하여 최종 예측 모드가 결정되도록 한다.

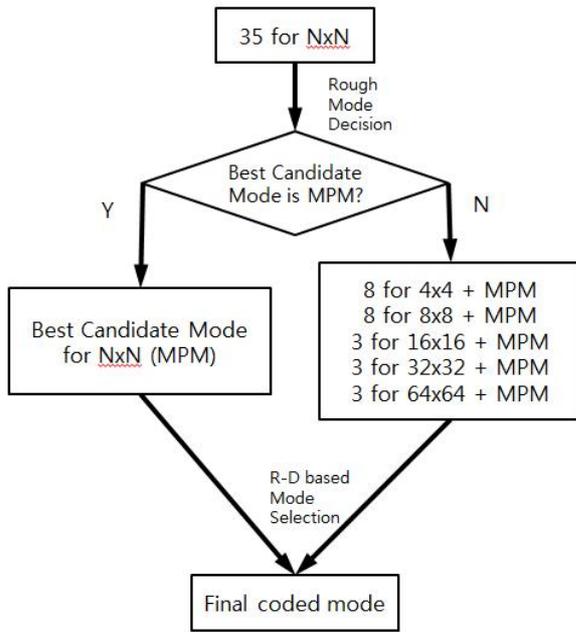


그림 2. RMD와 MPM을 활용한 제안 알고리즘

4. 실험 결과

본 논문에서는 제안하는 방법을 적용시키기 위하여 HEVC test model(HM) 10.0을 사용하였다. 또한, 표 2에 명시된 환경에서 실험을 진행하였고 표 3에 명시된 Sequence가 실험 대상으로 활용되었다.

표 2. 실험 환경

CPU	Intel(R) Core(TM) i7-2600k 3.40GHz
운영체제	Microsoft Windows 7
참조 소프트웨어	HM 10.0
부호화 환경	Intra, main
양자화 계수	22, 27, 32, 37

표 3. 테스트 영상

영상	Class	프레임 수	초당 프레임 수
Kimono	B	240	24
ParkScene	B	240	24
RaceHorses	C	300	30
BQMall	C	600	60
PartyScene	C	500	50
BasketballDrill	C	500	50
RaceHorse	D	300	30
BQSquare	D	600	60
BlowingBubbles	D	500	50
BasketballPass	D	500	50

새로 제안한 방법과 기존 HM 10.0을 비교하기 위하여 BD-rate 손실률과 전체 부호화 실행 시간 증감률을 계산하였다. 각 QP별로 모든 Sequence를 테스트를 한 후, Sequence별로 BD-rate 손실률과 전체 부호화 실행 시간 증감률을 계산한 다음 Class별로 종합하였다.

HM10.0의 부호화 시간 $t_{HM10.0}$ 과 제안 기술의 부호화 시간 $t_{proposed}$ 에 대한 전체 부호화 실행 시간 증감률 Δt 는 다음 식(1)과 같이 계산한다.

$$\Delta t = - \left(\frac{t_{HM 10.0} - t_{proposed}}{t_{HM 10.0}} \right) \times 100 (\%) \quad (1)$$

실험 결과, 표 4에서와 같이, 새로 제안한 방법이 기존 HM 10.0보다 평균적으로 약 0.9% 정도의 BD-rate 손실이 있었으나 전체 부호화 실행 시간을 평균적으로 24% 줄이는 것을 볼 수 있었다. Class별로 살펴보면, Class D가 BD-rate 손실률이 제일 높고 전체 부호화 실행 시간의 감소율이 제일 낮았으며, Class B가 BD-rate 손실률이 제일 낮고 전체 부호화 실행 시간의 감소율이 제일 높았다. 실험 결과를 미루어 볼 때, 새로 제안한 인트라 예측 결정 방법이 기존 HM 10.0의 인트라 예측 결정 방법에 비해 적은 BD-rate 손실로 전체 부호화 실행 시간을 상당히 줄일 수 있다는 것을 확인할 수 있다. 특히 고해상도인 Class B의 경우 BD-rate 손실률이 적고 전체 부호화 실행 시간 감소율이 가장 크게 증가함을 확인할 수 있다.

표 4. BD-rate 손실률 및 전체 부호화 실행 시간 감소율

	Y	U	V	Δt
Class B	0.7%	-0.5%	-0.4%	-25%
Class C	0.9%	-0.5%	-0.5%	-23%
Class D	0.9%	-0.4%	-0.4%	-21%
평균	0.9%	-0.5%	-0.4%	-24%

5. 결론

본 논문에서는 기존의 HEVC의 인트라 예측 모드 결정 과정에서 도출한 정보를 바탕으로 RDO 연산을 최소화하여 시간 복잡도를 감소하는 방법을 제시하였다. 이 방법을 적용시켜 Reference software와 비교한 결과, BD-rate는 평균적으로 1% 미만의 손실이 발생하였으나 전체 부호화 실행 시간을 최소 20% 이상 감소시킬 수 있었다. 이 결과를 바탕으로 제안한 방법이 고속 인트라 예측 부호화기를 구현하는 곳에 효율적으로 활용될 것으로 판단한다.

참고 문헌

[1] P. Andrivon, P. Salmon, P. Bordes, M. Arena, P. Sunna, "Comparison of Compression Performance of HEVC Draft 10 with AVC for UHD-1 material", Joint Collaborative Team on Video Coding (JCT-VC) of ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11, April 2013, Doc. JCTVC-M0166

[2] S. Park, J. Park, B. Jeon, "Report on the evaluation of HM versus JM", Joint Collaborative Team on Video Coding (JCT-VC) of ITU-T SG16 WP3 and ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, January 2011, Doc. JCTVC-D181

-
- [3] F. Bossen, B. Bross, K. Suhring, D. Flynn, "HEVC Complexity and Implementation Analysis", IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, December 2012
- [4] J. Vanne, M. Viitanen, T. Hamalainen, A. Hallpuro, "Comparative Rate-Distortion-Complexity Analysis of HEVC and AVC Video Codecs", IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, December 2012
- [5] 권대혁, 이시웅, 최해청, "HEVC 화면내 부호화 성능 분석 및 복잡도 감소 방법", 한국방송공학회 학술발표대회 논문집, p176-p179, 2012년 11월
- [6] A. Segall, J. Zhao, T. Yamamoto, "Parallel Intra Prediction For Video Coding", Picture Coding Symposium (PCS), December 2010
- [7] J. Kim, J. Yang, H. Lee, B. Jeon, "Fast Intra Mode Decision of HEVC based on Hierarchical Structure", 2011 8th International Conference on Information, Communications and Signal Processing (ICICS), December 2011
- [8] L. Shen, Z. Zhang, P. An, "Fast CU Size Decision and Mode Decision Algorithm for HEVC Intra Coding", IEEE Transactions on Consumer Electronics, February 2013
- [9] Y. Piao, J. Min, J. Chen, "Encoder improvement of unified intra prediction", Joint Collaborative Team on Video Coding (JCT-VC) of ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11, April 2013, Doc. JCTVC-C207, October 2010
- [10] L. Zhao, L. Zhang, S. Ma, D. Zhao, "Fast Mode Decision Algorithm for Intra Prediction in HEVC", Visual Communications and Image Processing (VCIP) Conference, November 2011