

부화소 움직임 추정의 선택적 수행을 통한 HEVC 부호화 고속화

목정수, 안용조, 심동규
광운대학교

{jsmok, madein1st, dgsim}@kw.ac.kr

Adaptive Fractional Pel Motion Estimation for Fast HEVC Encoding

Jung-Soo Mok, Yong-Jo Ahn, and Dong-Gyu Sim
Kwangwoon University

요 약

본 논문은 FME (Fractional Motion Estimation)의 선택적 수행을 통한 HEVC (High Efficiency Video Coding)의 부호화 고속화 방법을 제안한다. HEVC는 H.264/AVC에 비해 약 2배의 압축 효율을 보이지만, 쿼드트리 구조의 재귀적 호출은 복잡도를 크게 증가시켰다. 이러한 이유로 인하여 HEVC 부호화기의 고속 모드 결정 및 고속화 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 논문에서는 HEVC 부호화기 중 가장 높은 복잡도를 갖는 화면 간 예측 모드의 부화소 움직임 추정 (FME: Fractional Motion Estimation)의 선택적 수행을 통하여 부호화기를 고속화하는 방법을 제안한다. 제안하는 방법을 HEVC 레퍼런스 소프트웨어인 HM-12.0에 적용하여 평균 2.0%의 BD-BR가 증가하였으나, 평균 36.0%의 부호화 시간 감소 효과를 얻을 수 있었다.

1. 서론

최근 디지털 방송의 보편화와 함께 고해상도, 고품질에 대한 사용자의 요구가 증가함에 따라 ISO/IEC MPEG (Moving Picture Experts Groups)과 ITU-T VCEG (Video Coding Expert Group)이 JCT-VC (Joint Collaborative Team On Video Coding)을 결성하여 기존 H.264/AVC 대비 2배 이상의 부호화 효율을 갖는 차세대 비디오 압축 기술인 HEVC (High Efficiency Video Coding)를 표준화 하였다[1].

HEVC는 최대 64×64 블록 크기를 가지는 CTU (Coding Tree Unit)를 기본 단위로 부호화를 수행한다. 하나의 CTU는 CU (Coding Unit)라는 부호화 단위로 분할 될 수 있다. 또한, CU는 예측을 위한 단위인 PU (Prediction Unit)로 분할되고 화면 내 예측 또는 화면 간 예측을 수행한다. 예측의 수행에 따라 생성된 차분 블록은 변환 단위인 TU (Transform Unit)로 분할 될 수 있다[2]. HEVC 부호화기는 높은 부호화 효율을 위해 쿼드트리 구조, 다양한 예측 모드, 재귀적 호출 등 복잡도가 높은 기술들을 사용한다. 전체 부호화기의 복잡도에 대해 분석해보면 화면 내 예측은 1.2~3.3%, 화면 간 예측은 68.4~89.1%, 엔트로피 부호화가 0.3~6.6%, 변환 및 양자화 과정이 10.1~20.7%, 인트루프 필터가 0.1~0.2%를 차지하고 있다[3]. 화면 간 예측은 HEVC 부호화기의 가장 높은 복잡도를 차지하고 있으며, 예측 모드에 대한 재귀적인 호출, 정수 화소와 부화소에 대한 움직임 추정 및 보상이 높은 비율을 차지한다. 특히, 부화소에 대한 움직임 추정 및 보상 수행에 따르는 보간

필터 연산 및 윌-왜곡 비율 계산을 위한 SATD 연산은 부호화기 전체 복잡도의 53.0~55.0%를 차지한다[3]. 따라서, HEVC 부호화기의 복잡도 감소를 위해서는 부화소에 대한 움직임 추정의 선택적 수행이 필요하다.

본 논문에서는 부화소에 대한 움직임 추정 및 보상의 복잡도 감소를 통한 HEVC 부호화기의 고속화 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 각 PU 분할 모드에서 정수 화소 움직임 추정만을 수행하여 최적의 PU 분할 모드를 선택하고, 선택된 최적의 PU 분할 모드에서만 부화소 움직임 추정을 수행한다. 제안하는 방법을 통하여 부화소 움직임 추정 및 보상을 선택적으로 수행함으로써 부호화 시간을 효과적으로 감소시켰다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 기존 HEVC 부호화기의 움직임 추정 및 보상 방법과 고속화를 위한 선택적 부화소 움직임 추정에 대한 기존 연구를 살펴보고, 3 장에서는 본 논문에서 제안하는 알고리즘에 대해 소개한다. 4 장에서는 제안하는 알고리즘을 HM-12.0에 적용한 부호화 속도 감소에 대한 결과에 대해 분석하고, 5 장에서 결론을 맺는다.

2. HM의 움직임 추정/보상과 기존의 고속화 연구

2.1 HM의 움직임 추정 및 보상

HEVC에서 움직임 추정은 화면 간 예측에서 최적의 예측 블록을 찾기 위해 수행된다. 화면 간 예측은 현재

코딩하려는 블록과 가장 유사한 최적의 블록을 선택하기 위해 하나의 CU 를 $2N \times 2N$, $2N \times N$, $N \times 2N$, $N \times N$, $nL \times 2N$, $nR \times 2N$, $2N \times nU$, $2N \times nD$ 의 최대 8 가지의 모양의 PU 로 분할하고 각 분할 모드는 참조 픽처들로부터 움직임 추정과 보상을 수행한다[4]. 움직임 추정은 정수 화소 움직임 추정을 수행 후 부화소 움직임 추정을 수행하며 부화소 움직임 추정을 위해 보간 필터링이 수행된다. 또한 움직임 보상 과정에서는 움직임 추정에 의해 찾은 부화소 움직임 추정 정보를 보간 필터링을 통해 복원 영상을 구성하게 된다. 보간 필터는 휘도 성분에 대해서 8 탭, 색차 성분에 대해 4 탭 필터를 적용하며 픽셀 기반 연산으로 그 복잡도가 높다.

2.2 기존의 부화소 연산 복잡도 감소를 위한 연구

화면 간 예측 모드는 HEVC 부호화기의 높은 복잡도를 차지하며, 특히, 부화소 정밀도의 화면 간 예측의 복잡도 비율은 55.0% 이상을 차지한다. 이를 감소시키기 위해 부화소 움직임 추정의 조기 종료 방법 [5], 적응적 보간 필터를 통한 고속화 [6], 등을 통해 부화소 연산의 복잡도를 감소시키는 연구가 활발히 진행 중이다. 특히, 부화소 움직임 추정의 선택적 수행을 통한 고속화를 위한 기존 연구로는 정수 화소 움직임 추정만을 수행하여 최적의 효율을 갖는 CU 의 깊이 정보를 결정하고 해당 깊이에서 PU 를 $2N \times 2N$, $2N \times N$, $N \times 2N$ 모드에 대해서만 부화소 움직임 추정을 수행하는 방법이 제안되었다 [7]. 해당 방법은 부화소 움직임 추정에 대한 복잡도를 약 79.0% 감소시켰으며 평균 1.3%의 BD-BR 이 증가하였다.

3. 제안하는 선택적 부화소 움직임 추정

본 장에서는 HEVC 부호화기의 고속화를 위하여 본 논문에서 제안하는 선택적 부화소 움직임 추정에 대하여 소개한다. 그림 1 은 본 논문이 제안하는 부화소 움직임 추정의 선택적 수행에 대한 흐름도를 나타낸다. 각 PU 분할 모드는 정수 화소 움직임 추정만을 수행하여 최적의 효율을 갖는 PU 분할 모드를 선택한다. 선택된 최적의 PU 분할 모드는 정수 화소 움직임 추정을 통해 선택된 영역에 대해 부화소 움직임 추정을 추가적으로 수행한다. 제안하는 방법은 각 PU 분할 모드에서 정수

화소 움직임 추정 후 수행되는 부화소 움직임 추정을 선택적으로 수행하여 보간 필터의 수행을 제한한다. 또한 정수 화소만으로 움직임 정보가 결정되기 때문에 움직임 보상 과정에서도 보간 필터의 수행이 제한된다. 이를 통해 HEVC 부호화기의 높은 복잡도를 차지하는 화면 간 예측 모드에서 부화소 움직임 추정과 보상을 선택적으로 수행하여 부화소 연산으로 인한 복잡도 감소를 통해 부호화 속도를 향상시킬 수 있다.

4. 실험결과

본 장에서는 제안하는 알고리즘의 성능을 HEVC 의 레퍼런스 소프트웨어인 HM-12.0 에서 공통 실험 조건 (Common Test Condition) [8]으로 측정된 결과를 소개한다. 실험에 사용된 환경은 표 1 과 같다. BD-BR 를 계산하여 율-화질왜곡 현상의 성능을 측정하였으며 시간 감소 효과 측정은 수식 (1)의 ATS (Average Time Saving) 을 이용하여 계산하였다.

$$ATS(\%) = \frac{EncT_{anchor} - EncT_{proposed}}{EncT_{anchor}} \times 100(\%) \quad (1)$$

임의 접근 모드 (random access)와 저 지연 (low delay) 모드를 대상으로 측정하였으며 각각의 모드에 따른 결과는 표 2 와 같다. 제안하는 알고리즘을 적용하였을 경우 영상의 특성과 부호화 모드에 따라 약 32.4~38.3%의 부호화 시간 감소 효과를 보이며 BD-BR 은 평균 2.0% 이내로 증가하는 것을 확인할 수 있다.

표 1. 실험환경

구분	환경
CPU	Inter(R) Core(TM) i7-3960X CPU
Clock Speed	3.30GHz
RAM	16GB
OS	MS Window 7 64 bit Ultimate K
Compiler	MS visual studio 2012

표 2. 제안하는 선택적 부화소 움직임 추정에 따른 부호화 효율 및 부호화 시간 성능에 대한 실험 결과

Class	Sequence	BD-BR (%)		ATS (%)	
		RA	LD	RA	LD
B	BQTerrace	2.3	2.3	36.6	37.6
	Kimono	0.7	0.8	34.7	35.8
	ParkScene	1.5	1.6	36.3	37.9
C	BasketballDrill	1.6	1.6	35.1	36.3
	BQMall	2.3	2.0	36.7	38.3
	PartyScene	2.4	2.9	35.2	37.9
	RaceHorses	3.0	2.7	32.4	33.2
Average (Class B)		1.5	1.6	35.9	37.1
Average (Class C)		2.3	2.3	34.9	36.4
Total Average		2.0	2.0	35.3	36.7

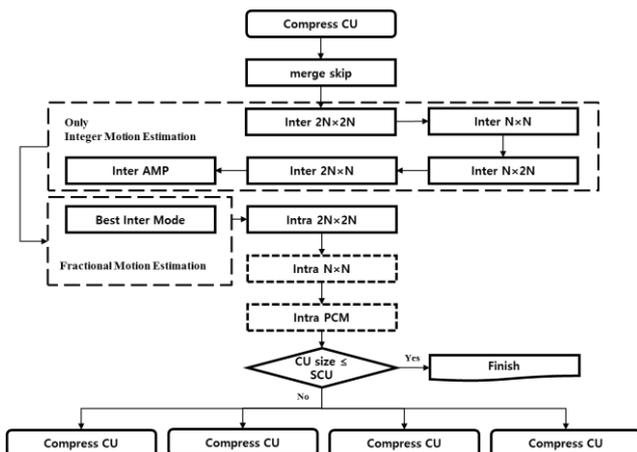


그림 1. 제안하는 알고리즘의 흐름도

5. 결론

본 논문에서는 HEVC 의 화면 간 예측에서 각 PU 분할 모드에 따라 정수 화소 움직임 추정만을 수행하여 최적의 PU 분할 모드를 선택하고, 선택된 최적의 PU 분할 모드에서만 부화소 움직임 추정을 수행하여 고속화하는 방법을 제안하였다. 제안하는 방법은 HM-12.0 기반으로 평균 2.0%의 BD-BR 가 증가하였으나, 평균 36.0%의 부호화 시간 감소 효과를 얻을 수 있었다. 추후에는 본 논문에서 제안하는 알고리즘과 함께 최적의 RQT (Residual Quad Tree) 분할을 위한 깊이 조절 algorithm 과 결합하여 HEVC 부호화 고속화에 대한 연구를 진행 할 계획이다.

reference configurations,” document JCTVC-L1100, Geneva, CH, Jan. 2013.

감사의 글

본 연구는 미래창조과학부 및 한국산업기술평가관리원의 산업융합원천기술개발사업(정보통신)의 일환으로 수행하였음. [10039199, 인지품질 기반 스케일러블 3D 비디오 코덱 핵심 기술 연구]

참고문헌

- [1] B. Bross, W.-J. Han, G. J. Sullivan, J.-R. Ohm, and T. Wiegand, “High Efficiency Video Coding (HEVC) Text Specification Draft 10 (for FDIS & Last Call,” document JCTVC-L1003_v34, Geneva, CH, Jan. 2013.
- [2] G.J. Sullivan, J.-R. Ohm, W.-J Han, T. Wiegand, “Overview of the high efficiency video coding (HEVC) standard,” *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol*, vol. 22, no. 12, 2012. (pp. 1649-1668).
- [3] 안용조, 황태진, 유성은, 한우진, 심동규, “HEVC 부호화기 소프트웨어의 통계적 특성 및 복잡도 분석,” 방송공학회논문지, vol. 17, no. 6, Nov. 2012. (pp. 1091-1105).
- [4] 심동규, 조현호, “HEVC 표준 기술의 이해,” 홍릉과학출판사, 2014.
- [5] Tsuyoshi Sotetsumoto, Tian Song, Takashi Shimamoto, “Low Complexity Algorithm for Sub-Pixel Motion Estimation of HEVC,” *Signal Processing, Communication and Computing (ICSPCC), 2013 IEEE International Conference on*, 2013.
- [6] 유종훈, 이선오, 조현호, 심동규, “적응적 보간 필터를 통한 화면 간 예측 고속화 기법,” 한국방송공학회 신호처리합동학술대회, vol. 26, no. 1, 2013.
- [7] Shiau-Yu Jou and Tian-Sheuan Chang, “Fast prediction unit selection for HEVC fractional pel motion estimation design,” in *Signal Processing Systems (SIPS), 2013 IEEE Workshop on*, 2013. (pp. 247-250).
- [8] Bossen, “Common test conditions and software