

상위 깊이 부호화 단위의 움직임 정보를 이용한 고속 참조영상 결정 방법

이상용, 김재곤, *최해철, **김휘용, **임성창, **최진수
한국항공대학교, *한밭대학교, **ETRI

{sysysy1921, jgkim}@kau.ac.kr, *choich@hanbat.ac.kr, **{hykim5, sclim,
jschoi}@etri.re.kr

Fast Reference Picture Decision Using Motion Information of Upper Depth Coding Unit

Sang Yong Lee, Jae-Gon Kim, *Haechul Choi, **Hui Yong Kim, **Sung-Chang Lim,
and ** Jin Soo Choi
Korea Aerospace Univ, *Hanbat Nat. Univ., and **ETRI

요 약

MPEG 과 VCEG 의 공동협력팀인 JCT-VC(Joint Collaboration Team on Video Coding)에서는 H.264/AVC 보다 두 배 이상의 높은 부호화 효율을 목표로 HEVC(High Efficiency Video Coding) 표준화를 진행하고 있다. HEVC 표준화에서는 압축 효율뿐만 아니라 부호화기의 복잡도도 중요하게 고려되고 있다. 본 논문에서는 HEVC 부호화기의 높은 복잡도를 줄이기 위하여 상위 깊이의 부호화 단위(Coding Unit: CU)의 움직임 정보를 이용하여 현재 부호화하는 예측단위(Prediction Unit: PU)의 참조영상의 후보의 수를 제한하는 고속 부호화 알고리즘을 제안한다. 모의실험을 통하여 제안한 알고리즘은 HM3.0 에 비해 평균 10.8% 정도의 부호화 시간을 감소시키며, 이때 평균 비트율은 0.5%로 부호화 효율의 감소가 미미함을 확인 하였다.

1. 서론

최근 HD(High Definition) 및 UHD(Ultra High Definition)와 같은 고해상도/고화질 영상 콘텐츠에 대한 수요가 증가하면서 기존의 최신 비디오 부호화 표준인 H.264/AVC[2][3] 보다 더 높은 부호화 효율을 제공하는 고성능 압축 기술의 필요성이 대두 되었다[1]. 이러한 배경에 따라 현재 ISO/IEC MPEG 과 ITU-T VCEG 의 공동 협력 팀인 JCT-VC 에서 HEVC 표준화가 활발히 진행 중이다. HEVC 는 H.264/AVC 보다 두 배 이상의 높은 부호화 효율을 목표로 하고 있으며, 부호화 성능을 높이는 새로운 기술에는 계층적 부호화 구조 및 변환 블록 구조, ALF(Adaptive Loop Filter), AMVP(Advanced Motion Vector Prediction), 움직임 정보 결합(Merge) 등[4]이 있다. 그 외에도 기존 H.264/AVC 의 기술들을 확장하여 부호화 성능을 높였지만 더불어 부호화기/복호화기의 복잡도도 상당히 증가하였다. HEVC 표준화에는 압축 효율뿐만 아니라 부호화기/복호화기의 연산 복잡도도 중요하게 고려되고 있기 때문에, HEVC 의 복잡도를 줄이는 방안도 주요 이슈가 되고 있다.

H.264/AVC 에서는 움직임 예측(ME) 연산이 부호화기 복잡도 중 상당한 비율을 차지 하였지만, HEVC 에서는 새로운 기술들에 대한 복잡도가 상당히 증가함에 따라 HEVC 부호화

기 전체 복잡도에서 움직임 예측이 차지하는 비중이 많이 줄었다. 그리고 Combined reference list[5] 기술이 도입됨에 따라 List0 와 List1 사이의 중복성을 제거하였고, Merge 의 경우 Partial Merge Restrictions 기술[6]이 추가로 채택되어 현재 부호화 하고자 하는 부호화 단위(CU)의 크기가 SCU(Smallest Coding Unit, 8x8)보다 크고 예측단위(Prediction Unit: PU)의 크기가 2NxN 혹은 Nx2N 인 경우, 현재 CU 의 첫 번째 PU 에 대해서는 움직임 예측을 수행하지 않고 무조건 Merge 를 수행하게 된다. 위와 같은 기술들로 인해 HEVC 에서는 움직임 예측을 위한 복잡도가 상당히 줄었다. 하지만 움직임 예측을 수행함에 있어 각 참조영상 리스트(listL0 및 listL1)에서 두 개 이상의 다중 참조영상을 허용하여 부호화 효율은 좋지만, 참조영상을 선택하기 위한 복잡도 증가 등 여전히 움직임 예측을 위한 복잡도는 높다.

본 논문에서는 현재 CU 와 상위 깊이(upper depth) CU 사이의 상관성을 이용하여 현재 CU 의 움직임 예측 수행 시 참조영상의 후보의 수를 제한함으로써 움직임 예측의 계산 복잡도를 줄이는 기법을 제안한다.

본 논문의 제 2 장에서는 상위 깊이 CU 의 상관성을 이용하여 참조영상의 후보의 수를 제한하는 알고리즘을 기술하고, 제 3 장에서는 제안한 알고리즘을 적용한 실험결과를 분석하고, 마지막으로 제 4 장에서 결론을 맺는다.

2. 고속 참조영상 결정 방법

HEVC에서는 새롭게 CU 개념을 도입하여, 부호화 효율이 최대가 되는 블록을 기본 부호화 블록 단위로 사용한다[7]. 즉, LCU(Largest Coding Unit, 64x64)와 SCU(8x8)를 각각 CU의 최대 크기와 최소 크기로 정의하여 그림 1에서와 같이 CU는 다양한 크기를 가질 수 있고 계층적 부호화 구조를 가진다. 그림 1에서와 같이 CU는 깊이(Depth) 정보를 가진다. 깊이는 0~3의 값을 가지고 깊이가 n인 CU가 분리(split)되면, 4개의 서브 CU가 생기고 깊이 정보는 n+1이 된다. 이때 n+1 깊이를 가지는 4개 CU와 n 깊이를 가지는 1개 CU 사이의 움직임 정보에는 상관성이 매우 높을 것이다. 본 논문에서는 상위 깊이 CU의 움직임 정보를 보고 현재 부호화하고자 하는 분리된 4개 CU의 움직임 예측 참조영상 후보의 수를 제한하는 기법을 제안한다.

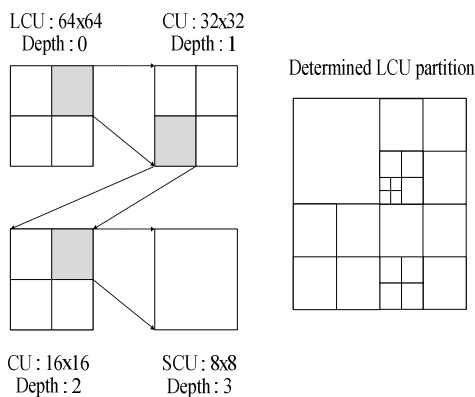


그림 1. CU의 계층적 부호화 구조

본 제안 방법에서는 깊이가 n+1인 4개의 CU는 깊이가 n인 CU의 PU를 확인하여 같은 위치에 있는 PU의 움직임 정보를 이용한다. 예를 들어, 그림 2에서 깊이가 n인 CU의 PU가 2NxN일 때, 깊이가 n+1인 4개의 CU 중에 0,1의 색인 값을 가지는 CU는 깊이가 n인 CU의 첫 번째 PU의 움직임 정보를 이용하고 2,3의 색인 값을 가지는 CU는 두 번째 PU의 움직임 정보를 이용한다.

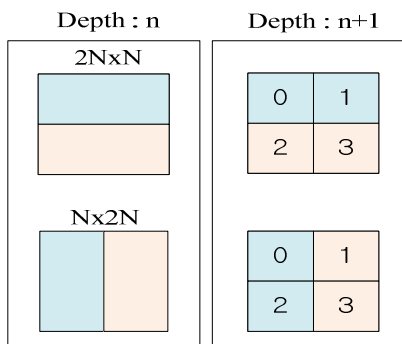


그림 2. 상위 CU의 PU와 4개의 하위 서브 CU에 대한 매칭

그리고 깊이가 0인 CU의 움직임 정보를 그 아래 모든 깊이에 대한 CU에서 사용하면 정확성이 낮아져서 성능이 떨어지게 된

다. 따라서 본 논문에서는 깊이가 1,3인 CU에 대해서만 제안하는 방법을 적용한다. 즉, 깊이가 0,2인 CU들에 대해서는 가능한 모든 참조영상 후보에 대해서 움직임 예측을 수행하고 깊이가 1인 4개의 CU는 깊이가 0인 CU의 움직임 정보를 이용하며, 깊이가 3인 4개의 CU는 깊이가 2인 CU의 움직임 정보를 이용한다. 위의 두 가지 방법은 복잡도를 줄이면서 확률적으로 좀더 신뢰성 있는 움직임 정보를 이용함으로써, 더욱 정확한 참조영상의 결정을 하기 위함이다.

참조영상의 후보의 수를 제한하는 알고리즘은 그림 3과 같다. 먼저 상위 깊이 CU의 모드 정보를 확인하여 화면간(Inter) 예측 모드이고 Merge 모드가 아닌 경우, 즉 움직임 예측을 수행한 경우, 상위 깊이 PU의 움직임 예측 방향과 참조영상을 확인하여, 현재 부호화하고자 하는 PU가 상위 깊이 PU에서 결정된 움직임 예측 방향에 대해 움직임 예측 수행 시, 그 예측 방향에 대한 참조영상 후보들 중 상위 깊이 PU에서 사용한 참조영상에 대해서만 움직임 예측을 수행한다. 하지만 현재 PU가 상위 깊이 PU에서 선택된 예측 방향과 다른 방향에 대해 움직임 예측 시, 그 방향에서 허용되는 모든 참조영상에 대해서 움직임 예측을 수행한다. 그리고 상위 깊이 CU의 모드가 화면간 예측의 Merge 모드이거나 Skip 모드인 경우, Merge의 후보로 사용된 블록을 확인하고, 그 블록의 움직임 정보를 이용하여 위의 알고리즘을 동일하게 수행한다. 만약 상위 깊이 PU가 양방향(Bi-directional) 예측인 경우, 현재 PU는 L0/L1 방향에 대한 움직임 예측 시, 상위 깊이 PU의 각 방향(L0, L1)에서 사용된 참조영상에 대해서만 움직임 예측을 수행한다. 그리고 상위 깊이 CU가 화면내(Intra) 예측 모드이거나 움직임 예측 방향이 쌍방향(Bi-predictive) 예측인 경우, 현재 PU는 각 움직임 예측 방향에 허용되는 모든 참조영상에 대해 움직임 예측을 수행한다.

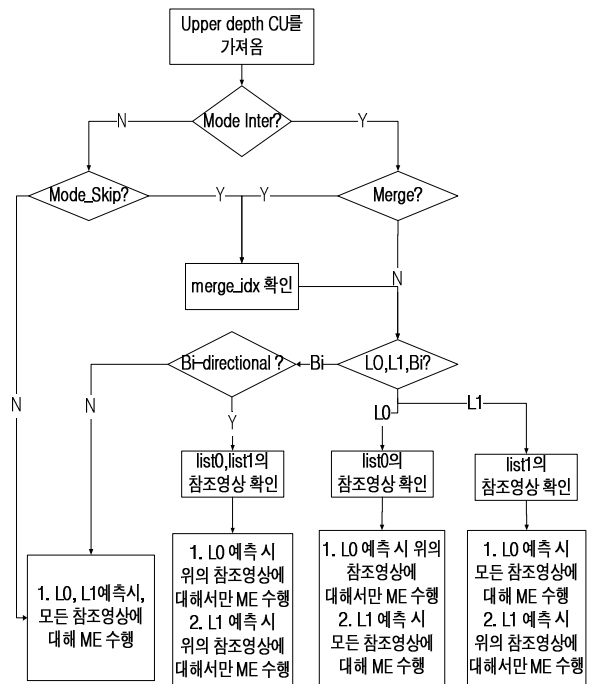


그림 3. 고속 참조영상 결정 알고리즘 순서도

3. 실험결과

제안하는 알고리즘을 HEVC 의 참조 소프트웨어인 HM3.0 [8]에 구현하였다. 실험환경은 임의접근(Random Access) 고효율 (High Efficiency)과 저복잡도(Low Complexity) 부호화 구조[9]에 대해서 실험을 하였고, QP 는 22,27,32,37 로 설정하였다. 부호화 시간 변화량은 다음 식을 이용하여 백분율로 나타내었다. T_{HM} 은 HM3.0 으로 부호화했을 때, 전체 부호화 소요시간이고, T_{Prop} 는 제안한 알고리즘을 HM3.0 에 적용하여 부호화 하였을 때, 전체 부호화 소요시간을 나타낸다.

$$\Delta T(\%) = \frac{T_{HM} - T_{Prop}}{T_{HM}} \times 100$$

부호화 성능은 BD-Rate 와 BD-PSNR 을 사용하였다. 테스트 시퀀스는 4CIF 해상도를 가지는 Soccer, Harbour 와 HEVC 테스트 시퀀스 중 PeopleOnStreet, BasketballDrive, BasketballDrill, Video1 를 사용하였다. 표 1 과 표 2 는 각각 임의접근 고효율 부호화 구조와 저복잡도 부호화 구조를 사용하였을 때, 이들 테스트 시퀀스에 대한 부호화 및 복잡도 성능을 나타낸 것이다.

표 1 을 통해 임의 접근 고효율 부호화 구조의 경우, 0.39% 의 미미한 성능 저하로 부호화 시간을 6.11% 감소할 수 있었다. 표 2 의 임의접근 저복잡도 구조의 경우에는 부호화 시간을 10.8% 감소시켰으며, 0.53%의 성능 저하를 보였다. 실험결과를 통해 임의접근 고효율 부호화 구조 보다 저복잡도 부호화 구조에서 더 많이 부호화 시간을 감소 시킴을 확인 하였다. 또한 제안한 알고리즘은 비디오 부호화기의 부호화 시간을 상당히 감소시키며, 다른 고속 움직임 예측 알고리즘과 함께 사용될 수 있다.

표 1 실험결과 (Random Access-High Efficiency)

Sequence(Resolution)	BD-PSNR (dB)	BD-Rate (%)	$\Delta T(\%)$
PeopleOnStreet(2560x1600)	-0.02	0.49	6.55
BasketballDrive (1920x1080)	-0.015	0.46	7.12
BasketballDrill (832x480)	-0.016	0.398	5.90
vidyo1(720p)	-0.019	0.385	5.11
Soccer(4CIF)	-0.009	0.117	6.41
Harbour(4CIF)	-0.02	0.492	5.61
Average	-0.016	0.39	6.112

표 2 실험결과 (Random Access-Low Complexity)

Sequence(Resolution)	BD-PSNR (dB)	BD-Rate (%)	$\Delta T(\%)$
PeopleOnStreet(2560x1600)	-0.027	0.718	9.92
BasketballDrive (1920x1080)	-0.015	0.555	10.14
BasketballDrill (832x480)	-0.022	0.56	8.09
vidyo1(720p)	-0.012	0.349	11.31
Soccer(4CIF)	-0.022	0.418	14.06
Harbour(4CIF)	-0.024	0.588	11.23
Average	-0.020	0.531	10.8

4. 결론

본 논문은 HEVC 부호화의 움직임 예측에 있어 상위 깊이 CU 의 움직임 정보를 이용하여 참조영상의 후보의 수를 제한함으로써 현재 PU 의 움직임 예측 수행 시 복잡도를 감소시키는 방법을 제안하였다. 실험 결과, 임의접근 저복잡도 부호화 구조의 경우, 부호화 시간을 약 10.8% 감소할 수 있었으며, 제안 방법으로 인한 PSNR 손실과 비트율 증가는 평균 -0.02dB 와 0.53%로 기존 방법에 비해 부호화 효율의 성능 저하가 미미함을 확인 하였다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 방송통신위원회의 ETRI 연구지원 사업[KCA-2011-(11921-02001), 무안경 다시점 3D 지원 UHD TV 방송 기술개발] 및 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업[NIPA-2011-(C1090-1111-0001)]의 지원으로 수행되었음.

참고 문헌

- [1] "Call for Evidence on High-Performance Video Coding (HVC)," N10553, ITU-T Q6./16 Visual Coding and ISO/IEC JCT1/SC29/WG11 Coding of Moving Pictures and Audio, Apr. 2009.
- [2] ITU-T Recommendation H.264 and ISO/IEC 14496-10, "Advanced video coding for generic audiovisual services," May 2003.
- [3] Thomas Wiegand, Gary J. Sullivan, Gisle Bjntegaard, and Ajay Luthra, "Overview of the H.264/AVC video coding standard," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., pp. 560-576, July 2003.
- [4] JCT-VC, "WD3: Working Draft 3 of High-efficiency video coding," JCTVC-E603, 5th JCT-VC Meeting, Geneva, Mar. 2011.
- [5] NTT DOCOMO, Qualcomm Inc, "Extension of uni-prediction simplification in B slices," Doc. JCTVC-D421, JCT-VC of ITU-T Q.6/SG16 WP3 and ISO/IEC JCT1/SC29/WG11, Daegu, Korea, Jan. 2011.
- [6] Samsung Electronics Co., Ltd. "CE9:Test results on substest 3.1.s and 3.1.t," Doc. JCTVC-D411, JCT-VC of ITU-T Q.6/SG16 WP3 and ISO/IEC JCT1/SC29/WG11, Daegu, KR, Jan. 2011.
- [7] "High Efficiency Video Coding (HEVC) text specification Working Draft 1," JCTVC-C403, JCT-VC of ITU-T SG16 WP3 and ISO/IEC JCT1/SC29/WG11, 3rd Meeting, Guangzhou, CN, Oct. 2010.
- [8] SVN server: https://hevc.hhi.fraunhofer.de/svn/svn_HEVCSoftware/tags/HM-3.0/
- [9] JCT-VC, "Common test conditions and software reference configurations," JCTCV-E700, Geneva, CH, Mar. 2011.