

HEVC 복호화기를 위한 저 복잡도 움직임 보상 방법

*이호영 **전병우

성균관대학교 전자전기컴퓨터공학부

*hoiing@skku.edu

Low Complexity Motion Compensation Method for HEVC Decoder

*Lee, Hoyoung **Jeon, Byeungwoo

Sungkyunkwan University, School of Electronic and Electrical Engineering

요약

최신 비디오 부호화 표준인 HEVC는 종래의 H.264/AVC에 비해 높은 부호화 효율을 달성하는 반면, 연산 복잡도 또한 크게 증가하여, 제한된 자원을 가진 휴대 단말에서 고화질 및 고해상도 영상의 실시간 복원이 어려운 문제점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 본 논문에서는 HEVC 복호화기의 연산 복잡도를 감소시키기 위한 저 복잡도의 움직임 보상 기술을 제안한다. 제안 방법은 참조 픽셀 간의 유사성을 측정하여, 유사성이 높은 예측 단위에 대해 간략한 보간 필터를 적용함으로써 HEVC 복호화기의 연산 복잡도를 감소시킨다. 실험 결과를 통해 제안 방법은 HEVC 복호화기의 연산 복잡도를 최대 13.5%를 감소시킬 수 있으며, 그에 따른 화질 열화는 약 0.48 dB로 크지 않는 것을 확인하였다. 뿐만 아니라, 제안 방법은 임계값의 조절을 통해 연산 복잡도 조절 복호화기의 실현 가능성을 확인할 수 있었다.

1. 서론

프로세서의 연산 능력의 향상과 무선 네트워크의 발달에 따라 휴대 단말 상에서의 고화질 동영상의 실시간 재생, 화상 통화와 같은 다양한 동영상 서비스가 일반화 되었다. 그러나 배터리 용량 등의 휴대 단말의 제한적인 자원 상황에 의해, 고화질/고해상도 영상의 실시간 부/복호화가 어려운 문제점이 발생한다. 특히, 최신 비디오 부호화 표준인 HEVC (High Efficiency Video Coding)의 경우 고도화된 부호화 틀을 사용함에 따라 종래의 H.264/AVC에 비해 동일한 주관적 화질 대비 50% 이상의 부호화 효율을 달성한 반면 [1], 부호화기와 복호화기의 연산복잡도 또한 크게 증가하였다. [2] HEVC 부호화기의 연산 복잡도를 감소시키기 해 고속 Coding Unit 결정 방법 [3], 고속 스킵 모드 결정 방법 [4] 등 다양한 방법들이 연구 되고 있으며, 실시간 복호화를 위해, HEVC 복호화기의 최적화 및 병렬화에 대한 연구가 진행되고 있다. [5]

본 논문에서는 고화질/고해상도 영상의 실시간 복호화를 위해 알고리즘 측면에서의 저 복잡도 복호화 방법을 제안한다. 제안방법은 복호화기에서 가장 높은 연산 복잡도를 차지하는 움직임 보상의 연산 복잡도를 감소시킨다. 종래의 HEVC 복호화기는 움직임 보상에 대해 부호소의 위치에 따라, 휘도 신호에 대해 7-tap 또는 8-tap 보간 필터, 색차 신호에 대해 4-tap 보간 필터를 사용하는 반면 [1], 제안 방법은 종래의 보간 필터 대신 간략 보간 필터를 사용함으로써 움직임 보상의 연산 복잡도를 감소시킨다. 그러나, 제안 방법에 따른 부/복호화기의 불일치에 의한 화질 열화를 최소화하기 위해, 참조 픽셀의 유사도를 고려하여, 특정 예측 단위(Prediction Unit)에 대해서만 간략 보간 필터를 적용한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 HEVC 복호화기의 연산 복잡도를 분석하고, 제안하는 저 복잡도 움직임 보상 방법을 설명하고, 3장에서는 제안 방법의 성능을 평가한다. 마지막으로 4장에서는 결론을 기술한다.

2. 제안방법

표 1은 HEVC 비디오 복호화기의 복호화 요소와 각 복호화 요소의 연산 복잡도를 나타낸다. 표 1의 실험 결과를 위해, HM 11.0 참조 소프트웨어가 사용되었으며, Inter Xeon X3440 CPU의 PC 상에서 실험을 수행하였다. 표 1에서 보는 바와 같이 움직임 보상은 전체 복호화기의 복잡도에서 약 35%로 가장 높은 연산 복잡도를 가진다. 이러한 높은 연산 복잡도는 부호소 위치에 따라 휘도 신호에 대해 7-tap 또는 8-tap 보간 필터, 색차 신호에 대해 4-tap 보간 필터를 사용하기 때문에 발생한다. 따라서 움직임 보상의 연산 복잡도를 감소시키기 위해서 종래의

표 1 HEVC 복호화 요소별 연산 복잡도 측정 결과

복호화 요소	연산 복잡도 (%)
움직임 보상	35 %
엔트로피 복호화	17 %
디블러킹 필터	13 %
역양자화/역변환	14 %
인트라 예측	5 %
SAO	4 %
Reconstruction	3 %
I/O	9 %

표 2 제안하는 간략 보간 필터

부화소 위치	휘도 신호	색차 신호
1/8	-	[52 12]/64
1/4	[-4 54 16 -2]/64	[46 18]/64
3/8	-	[36 28]/64
1/2	[-4 36 36 -4]/64	[32 32]/64
5/8	-	[28 36]/64
3/4	[-2 16 54 -4]/64	[18 46]/64
7/8	-	[12 52]/64

보간 필터 대신, 표 2의 4-tap의 간략 보간 필터를 적용한다.[6] 그러나 모든 예측 단위에 대해 간략 보간 필터를 사용할 경우, 심각한 화질 열화를 가져올 가능성이 높기 때문에 제안 방법은 참조 픽셀 간의 유사성이 높은 예측 단위에 대해서만 표 2의 간략 보간 필터를 사용한다.

참조 픽셀 간의 유사도를 측정하기 위해 제안 방법은 다음과 같이 참조 픽셀 간의 차를 계산한다.

$$Diff_{ref} = \sum_{j=0}^{m-1} \sum_{i=1}^{n-1} |p_{i,j} - p_{i,j-1}| \quad (1)$$

여기에서 $Diff_{ref}$ 는 참조 픽셀 간의 유사도를 나타내고, m 과 n 은 각각 현재 예측 단위의 높이와 너비를 나타낸다. $p_{i,j}$ 는 (i,j) 위치의 참조 픽셀의 화소 값을 나타낸다. 즉, $Diff_{ref}$ 는 인접한 참조 픽셀간의 차의 합을 나타내며, 참조 픽셀 간 화소 값이 유사할수록 $Diff_{ref}$ 의 값이 작아진다. 따라서 $Diff_{ref}$ 가 작을수록 참조 픽셀 간의 유사도가 높음을 알 수 있으며, $Diff_{ref}$ 가 특정 임계값 (T) 보다 낮은 예측 단위에 대해 표 2의 간략 보간 필터를 적용한다. 또한 색차 신호에 대해서 제안 방법은 $Diff_{ref}$ 에 관계없이 표 2의 2-tap 보간 필터를 적용한다.

3. 실험 결과

제안 방법의 성능을 검증하기 위해, HEVC 참조 소프트웨어인 HM 11.0 [7]에 구현하였다. 실험을 위해 사용된 비트스트림은 HEVC Random Access-main 조건 [8]에서 부호화되었으며, 양자화 파라미터(QP)는 22, 27, 32, 37 을 사용하였다. 실험을 위해 HEVC 표준화 실험 영상인 BasketballDrive, Cactus (1920×1080@50 fps)이 사용되었다. 제안 방법의 성능을 측정하기 위해 복잡도 감소량은 Average Time Saving (AST(%))를, 화질 열화는 휘도 신호에 대한 $\Delta PSNR[dB]$ 을 측정하였다. [6]

그림 1은 $Diff_{ref}$ 의 임계값 (T)에 따른 복잡도 감소량과 화질 열화를 나타내고 있다. 그림 1에서 "Forced"는 임계값에 관계없이 모든 예측 단위에 대해 간략 보간 필터를 적용하였을 때의 결과를 나타낸다. 그림 1에서 보는 바와 같이 임계값이 증가함에 따라 HEVC 복호화기의 연산 복잡도가 감소하는 것을 확인할 수 있다. 모든 예측 단위에 대해 간략 보간 필터를 적용하였을 경우 ("Forced" case), BasketballDrive 영상과 Cactus 영상에서 각각 약 0.48 dB, 0.34 dB의 화질 열화가 발생하는 반면, 약 13.5%, 7.4%의 복호화기의 연산 복잡도가 감소하는 것을 확인할 수 있다.

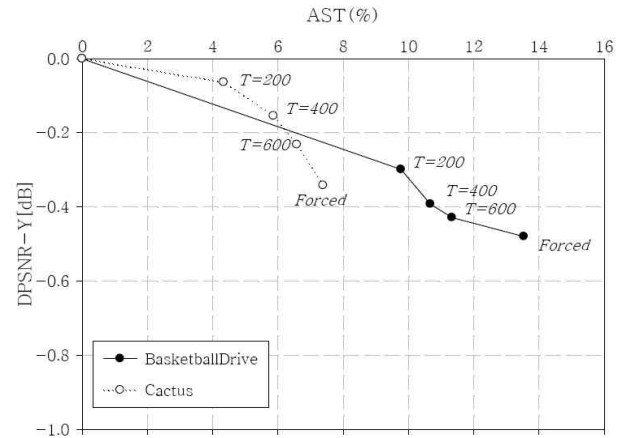


그림 1 제안 방법의 실험 결과

4. 결론

본 논문에서는 HEVC의 복호화기의 연산 복잡도를 감소시키기 위해 참조 픽셀간의 유사도를 고려하여 선택적으로 간략 보간 필터를 적용하는 방법을 제안하였다. 실험을 통해 제안 방법은 최대 약 13.5%의 복호화기의 연산 복잡도를 감소하는 반면, 그에 따른 화질 열화는 약 0.48dB로 크지 않는 것을 확인할 수 있었다. 또한 임계값을 조절함에 따라 HEVC 복호화기의 연산복잡도가 조절 가능함을 확인할 수 있었다. 향후 움직임 보상뿐만 아니라, 다양한 복호화 요소들의 복잡도를 감소시킬 수 있는 추가적인 연구가 필요하다.

감사의 글

이 논문은 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2011-001-7578).

참고 문헌

- [1] G. I. Sullivan, I. Ohm, W. I. Han and T. Wiegand "Overview of the High Efficiency Video Coding (HEVC) Standard." *IEEE Trans. on Circ. Syst. Video Technol.*, 22 (12), 1649-1668, Dec. 2012.
- [2] I. Vanne, M. Viitanen, T. D. Hamalainen and A. Hallanuro "Comparative Rate-Distortion-Complexity Analysis of HEVC and AVC Video Codes." *IEEE Trans. on Circ. Syst. Video Technol.*, 22 (12), 1885-1898, Dec. 2012.
- [3] K. Choi, S. H. Park and E. S. Jang "Coding Tree Pruning Based CU Early Termination," *JCTVC-F092*, JCT-VC Document, Torino, Italy, Jul. 2011.
- [4] I. Yang, I. Kim, K. Won, H. Lee and B. Jeon "Early SKTP Detection for HEVC." *ICTVC-G543*, JCT-VC Document, Geneva, Switzerland, Nov. 2011.
- [5] I. Yan, Y. Duan, I. Sun and Z. Guo "Implementation of HEVC decoder on X86 processors with SIMD optimization" in *prof. IEEE Visual Communications and Image Processing (VCIP)*, Nov. 2012.
- [6] H. Lee, Y. Park and B. Jeon "Optimal Complexity Scalable H.264/AVC Video Decoding scheme for Portable Multimedia Devices," *Opt. Eng.* 52 (7), 071508, May 2013.
- [7] High Efficiency Video Coding Test Model Software 11.0 Available : https://hevc.hhi.fraunhofer.de/svn/svn_HEVCSoftware
- [8] ICT-VC, "Common HM Test Conditions and Software Reference Configurations." *ICTVC-L1100*, JCT-VC Document, Geneva, Switzerland, Jan. 2013.