

몰입형 입체영상 부호화를 위한 VVC 인루프 필터 성능 분석

최용호, *방건, *이진호, 이진영†

세종대학교 지능기전공학과, *한국전자통신연구원

jinyounglee@sejong.ac.kr†

Performance Analysis of VVC In-Loop Filters for Immersive Video Coding

Yongho Choi, Gun Bang, Jinho Lee, Jin Young Lee†

Department of Intelligent Mechatronics Engineering, Sejong University,

Electronics and Telecommunications Research Institute

요약

최근 Moving Picture Experts Group(MPEG)에서는 2차원 비디오 압축 표준인 Versatile Video Coding(VVC)에 이어서 다양한 영상 포맷들에 대한 압축 방식을 표준화하고 있다. 특히, 가상현실, 증강현실, 혼합현실 등의 지원을 위한 Six Degrees of Freedom(6DoF) 입체영상 콘텐츠들이 최근 다양한 분야에서 활용되고 있는데, 6DoF 입체영상은 일반적으로 복수 시점의 고해상도 칼라영상과 깊이영상으로 구성된다. 이러한 고해상도의 6DoF 몰입형 입체영상을 제한된 네트워크 환경에서 완벽한 서비스를 목표로 MPEG에서는 몰입형 입체영상 압축 기술인 MPEG Immersive Video(MIV) 표준화를 활발하게 진행 중에 있다. MIV에서는 기본 뷰(Basic View)로 이루어진 영상과 추가 뷰(Additional View)에서 중복성 높은 픽셀들이 제거된 아틀라스 패치로 이루어진 영상을 각각 VVC로 압축한다. 하지만 아틀라스 패치로 이루어진 영상의 경우에는 일반적인 2차원 칼라영상과 다른 특성을 가지기 때문에, VVC 인루프 필터 기술이 비효율적일 수 있다. 따라서, 본 논문에서는 MIV 표준에서의 VVC 인루프 필터들의 성능을 분석한다.

1. 서론

최근 고해상도 영상 취득 기술이 다양해지고 발전함에 따라, 다양한 영상들에 대해 제한된 네트워크 환경에서의 원활한 서비스들이 요구되고 있다. 이 중에서도 가상현실, 증강현실, 혼합현실 등을 위한 자유로운 시점의 고해상도 몰입형 입체영상 콘텐츠는 4차 산업혁명 키워드 메타버스(Metaverse)에 힘입어 엔터테인먼트 분야뿐만 아니라 다양한 산업 분야에서의 서비스들을 목표로 발전하고 있다. 한편, ISO/IEC MPEG과 ITU-T VCEG은 협업을 통해 2차원 비디오 압축 표준 H.264/AVC[1], HEVC[2]를 성공적으로 표준화하였는데, 이를 기반으로 3D 비디오 부호화 표준 3D-AVC[3]와 3D-HEVC[4]도 개발하였다. 하지만 3D 비디오 압축 표준은 제한된 복수 시점의 카메라 배열에 대한 비디오들의 부호화는 가능하였지만, 더 자유로운 시점의 몰입형 입체영상에 대해서는 한계가 있었다.

이를 해결하기 위하여, MPEG에서는 MPEG Immersive(MPEG-I) 그룹을 만들어 몰입형 입체영상에 대한 Degrees of Freedom(DoF)를 분류하였고, 입체영상의 서비스를 위해 MPEG Immersive Video(MIV) [5]를 표준화하고 있다. MPEG-I에서는 3DoF를 이동이 제한된 상태에서 세 방향으로의 머리 움직임을 포함한 공간으로 정의하였다. 3DoF+는 3DoF에서보다 더 부드럽고 자연스러운 시점의 움직임을 위해 머리의 수평/수직 움직임을 추가한 공간으로 정의하였다. 마지막으로, 6DoF는

이동이 자유로운 상태에서 모든 시점에 대해 자유로운 머리의 움직임이 가능한 공간을 의미한다.

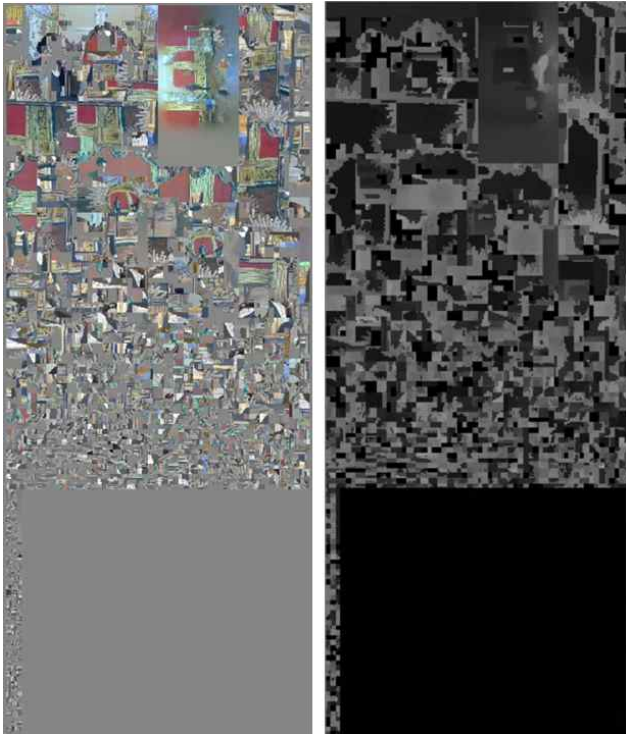
자유로운 움직임에 따른 모든 시점을 지원함에 따라 제한된 대역폭에서 이전보다 더 많은 칼라영상과 깊이영상을 전송하기 위해 MIV에서는 카메라 간의 거리값과 영상 간의 시점 중복성을 이용한 압축 방식을 채택하였다. 이 방식은 영상 합성을 통해 시점 간의 높은 중복성을 가진 영역을 제거하고, 중복성이 낮은 영역들을 아틀라스 패치로 하나의 영상에 저장하여, VVC[6], VVC를 최적화한 VVenC[7], 등으로 부호화한다. 이 때, 아틀라스 패치들로 구성된 영상은 일반적인 2차원 영상과는 특징이 다르기 때문에, VVC 압축 기술들에 대한 분석이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 VVC 인루프 필터 기술들을 MIV 환경에서 분석한다.

2. MIV 아틀라스 패치

MIV에서는 카메라 간의 거리값을 통해서 기본 뷰와 추가 뷰로 구분하고 기본 뷰를 기준으로 압축 순서를 결정한다. 이후, 압축 순서에 따라 영상을 합성해보면서 시점 간 중복성을 휘도 성분으로 판단하여, 중복성이 큰 부분을 픽셀 단위로 제거한다. 이 과정을 프루닝(Pruning)이라 하며, 픽셀 단위의 프루닝 과정이 끝나면, 이를 총합하여 영상들의 남은 영역에 대해서 아틀라스 패치를 생성된다. 생성된 아틀라스 패치는 효율적인 부호화를 위해 그 크기와 모양을 분석하여 쪼개져 기본 뷰 영상들에

이어서 저장된다. 그림 1은 칼라영상과 깊이영상에 대한 아틀라스 패치들을 보여준다. 패치들 간의 잦은 경계 때문에 일반적인 영상의 특징과는 매우 다름을 확인할 수 있다.

(그림 1) 칼라영상과 깊이영상에 대한 MIV 아틀라스



3. VVC 인루프 필터

비디오 압축에서는 주파수 변환 과정에서 사람의 눈에 덜 민감한 고주파 변환 계수를 없애기 위해 양자화 파라미터(QP)를 사용하여 양자화를 진행한다. QP 값이 클수록, 부호화 효율은 높지만, 데이터 손실이 발생하여 압축 열화가 발생한다. 하지만 이러한 압축 열화를 효율적으로 줄이기 위해서, VVC에서는 HEVC의 Deblocking Filter(DF), Sample Adaptive Offset(SAO)과 새롭게 추가된 Adaptive Loop Filter(ALF)를 사용하고 있다.

DF는 복원 블록들 간의 오차로 인해 경계가 생기는 열화(blocking Artifact) 현상을 분석하여 강한 필터, 약한 필터를 결정한 뒤, 해당 경계에 적용하여 화질을 향상시킨다. SAO는 링잉 현상(Ringing Artifact)과 밴딩 현상(Banding Artifact)을 해결하기 위해, Edge Offset(EO)과 Band Offset(BO)을 이용하여 각각 에지 성분과 밝기 성분의 왜곡을 오프셋에 의해 적응적으로 보정한다. SAO 이후의 블록 단위에서 실행되는 ALF는 블록 내 기울기 분석을 통해 화질을 향상시킨다.

하지만 VVC 인루프 필터들은 일반적인 2차원 영상을 대상으로 개발되었기 때문에, 그림 2와 같은 아틀라스 영상들에 대한 압축 성능 및 주관적 화질 분석이 필요하다. 특히 아틀라스 내 패치들 간의 불연속한 특성이 매우 많지만, 해당 패치들은 영상 합성에서 사용되기 때문에, 패치들 간의 경계가 인루프 필터들에 의해 부드러워질 경우 화질 열화를 초래할 수 있다. 따라서, 이를 고려하여 인루프 필터들을 적응적으로 선택하여 적용하는 것이 효율적이다.

4. 실험 결과

실험을 위하여 Test Model for MPEG Immersive Video Coding (TMIV) 11.0 소프트웨어[8]를 통해 Common Test Condition(CTC)를 준수하여 각 테스트 비디오의 17장[9]을 실험하였고, Random Access (RA) 환경에서 VVenC Slow 방식으로 압축하였다. 표 1은 아틀라스 영상에 대해 VVC 인루프 필터 각각을 높은 비트율과 낮은 비트율 환경에서 미적용 하였을 경우의 압축 성능을 보여준다.

표 1에서 볼 수 있듯이, DF 미적용 시에는 높은 비트율 환경에서는 0.75%, 낮은 비트율 환경에서는 0.9%의 압축 성능이 향상되었다. 하지만, SAO 및 ALF 미적용 시에는 성능 열화를 확인하였다. 이는 VVC 인루프 필터들 중 DF는 MIV 환경에서는 비효율적임을 의미한다. 그림 2는 Mirror 영상에 DF를 미적용한 결과 영상이다. 노란색 박스에서 확인할 수 있듯이, 화질도 일부 향상됨을 확인할 수 있다.

(표 1) 필터링 성능

	높은 비트율 환경	낮은 비트율 환경
DF	-0.75%	-0.9%
SAO	1.9%	1.1%
ALF	0.3%	0.1%

(그림 2) Mirror 영상에 대한 주관적 화질 분석



(a) 원본 영상 (b) Anchor (c) DF 미적용 영상

5. 결론

본 논문에서는 최근 MPEG에서 활발히 연구되고 있는 몰입형 입체 영상 압축 표준 MIV에 대해 VVC 인루프 필터들의 성능을 분석해 보았다. 실험 결과, SAO, ALF와는 달리 DF는 압축 성능 관점에서 비효율적임을 확인할 수 있었다. 또한, 픽셀 단위의 프루닝 과정을 통해 생성된 아틀라스 패치 영상에서의 패치들 간의 불연속한 경계에 DF 적용은 부정적인 영향을 가지는 것도 확인할 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (IITP-2017-0-00072, IITP-2022-RS-2022-00156345)

참고문헌

- [1] Wiegand, T.; Sullivan, G. J.; Bjontegaard, G.; and Luthra, A. 2003. Overview of the H. 264/AVC video coding standard. *IEEE Transactions on circuits and systems for video technology* 13(7): 560-576
- [2] Sullivan, G. J.; Boyce, J. M.; Chen, Y.; Ohm, J.-R.; Segall, C. A.; and Vetro, A. 2013. Standardized extensions of high efficiency video coding (HEVC). *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing* 7(6): 1001-1016.
- [3] Lee, J. Y.; Lin, J.-L.; Chen, Y.-W.; Chang, Y.-L.; Kovliga, I.; Fartu-kov, A.; Mishurovskiy, M.; Wey, H.-C.; Huang, Y.-W.; and Lei, S.-M. 2015. Depth-based texture coding in AVC-compatible 3D video coding. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology* 25(8): 1347-1361.
- [4] Tech, G.; Chen, Y.; Muller, K.; Ohm, J.-R.; Vetro, A.; and Wang, Y.-K. 2016. Overview of the Multiview and 3D extensions of high efficiency video coding. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology* 26(1), 35-49. ISO/IEC JTC1/SC29/WG04 N0142.
- [5] Boyce, J. M.; Dore, R.; Dziembowski, A.; Fleureau, J.; Jung, J.; Kroon, B.; Salahieh, B.; Vadakital, V. K. M.; and Yu, L. 2021. MPEG Immersive Video Coding Standard. *Proceeding of the IEEE* 109(9): 1521-1536.
- [6] Bross, B.; Wang, Y. K.; Ye, Y.; Liu, S., Chen, J.; Sullivan, G. J.; and Ohm, J. R. 2021. Overview of the versatile video coding (VVC) standard and its applications. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology* 31(10): 3736-3764.
- [7] Wieckowski, A.; Brandenburg, J.; Hinz, T.; Bartnik, C.; George, V.; Hege, G.; Helmrich, C.; Henkel, A.; Lehmann, C.; Stoffers C.; Zupancic, I.; Bross B.; and Marpe, D. 2021. VVenC: An open and optimized VVC encoder implementation. *IEEE International Conference on Multimedia & Expo Workshops (ICMEW)*.
- [8] Salahieh, B.; Jung J.; and Dziembowski, A. 2021. Test Model 11 for MPEG Immersive Video. ISO/IEC JTC1/SC29/WG04 N0142.
- [9] Jung, J.; and Kroon, B. 2021. Common test conditions for MPEG immersive video. ISO/IEC JTC1/SC29/WG4 N0143.