

모바일 VR기기를 위한 ROI 중심의 SHVC 타일 기반 비디오 병렬처리

손장우, 류영일, 노현준, 류은석
 가천대학교 컴퓨터공학과

e-mail : sjw6757@gc.gachon.ac.kr, wlrmlrm99@gc.gachon.ac.kr,
 ggyo@gc.gachon.ac.kr, esryu@gachon.ac.kr

SHVC-based ROI Tile Parallel Processing for Mobile Virtual Reality

Jang-Woo Son, Yeongil Ryu, Hyun-Joon Roh, Eun-Seok Ryu
 Department of Computer Engineering, Gachon University

요약

모바일 VR(Virtual Reality; 가상현실) 기술은 사용자의 눈과 디스플레이 장치간의 거리가 짧아서 초고 화질의 360도 영상을 제공해야 하므로 크게 전송 비트율 낭비 문제와 영상처리 연산 복잡도 문제가 있다. 본 연구는 360도 동영상의 연산량과 비트율을 줄이기 위해 사용자 ROI(Region of Interest; 관심 영역) 중심의 SHVC 타일(Tile) 처리 기법을 제안한다. 구체적인 기술로는 ROI 처리가 시간적, 화면간 예측시 가지는 문제점을 해결하기 위해 (1) 기본계층 영상의 업샘플링을 이용한 ROI 참조영상리스트 관리 기법을 제안한다. 또한, 높은 연산 복잡도의 해결을 위해서, (2) ROI 타일 복잡도에 따른 비대칭 모바일 CPU 코어별 할당 처리 기법도 함께 제안한다.

1. 서론

최근 삼성의 기어VR, 오쿨러스의 리프트, 소니의 플레이스테이션 VR, HTC의 바이브 등 다양한 HMD(Head-Mounted Display)가 출시되면서 VR에 대한 이목이 집중되고 있다. HMD는 렌즈를 통해 눈앞에서 재생되고, 헤드트래킹을 지원하여 360도 뷰를 제공하기 때문에 QHD(Quad High Definition) 또는 4K UHD(Ultra High Definition)이상의 화질이 요구된다. 마침, 4K 이상의 초고화질 영상처리 요구에 맞춰 JCT-VC(Joint Collaborative Team on Video Coding)는 2013년에 차세대 비디오 부호화 기술인 HEVC(High Efficiency Video Coding)를 표준화 하였으며 2014년에는 논-스케일러블 한 HEVC기반의 스케일러블 확장으로 SHVC (Scalable HEVC)를 표준화 하였다.

HMD의 초고화질 영상 처리에는 높은 연산 능력이 필요하며 성능이 좋은 하드웨어가 요구된다. 오쿨러스의 리프트 권장 PC사양은 인텔 i5-4590, 엔비디아 지포스 GTX970, RAM 8GB 이상이며 HTC의 바이브 권장 사양은 RAM 4GB 이상인 점 외엔 동일하다. PC기반의 HMD에 반해 삼성의 기어 VR과 같은 모바일 기반의 HMD는 영상처리 성능이 더 제한적이다. 따라서

비트율을 줄이고 영상을 효율적으로 처리하기 위한 다양한 연구가 진행되고 있으며 대표적으로 사용자가 바라보고 있는 지역인 ROI를 활용한 Tiled VR (타일화된 VR) 연구가 진행되고 있다. 이는 연산 능력이 제한적인 모바일 VR 뿐만 아니라, PC에서 영상처리를 하는 Tethered VR 에서도 매우 중요하다.

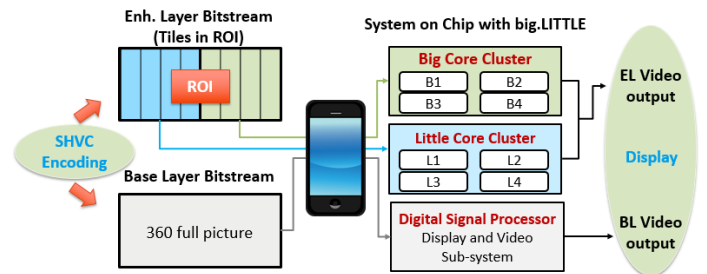


그림 1. 제안하는 모바일VR용 SHVC ROI타일 병렬처리

이에 본 연구는 새롭게 ROI 중심의 SHVC 타일 처리 기법을 통한 비트율과 연산복잡도 문제 해결 방법을 제안한다. 구체적으로는 그림 1과 같이 SHVC 디코더를 사용하여 업 샘플링 된 기본계층(Base Layer: BL)을 활용해 향상계층 (Enhancement Layer: EL)의 ROI

타일을 디코딩하는 방법을 제안한다. 또한, SHVC의 향상계층과 기본계층을 소프트웨어와 하드웨어로 각각 분할하여 디코딩하고, 이 중 향상계층의 ROI는 타일 내부의 복잡도 분석을 통한 비대칭 코어별 할당 처리 기법[1][2]을 사용하여 디코딩 속도를 높이는 방안을 제안한다.

2. 관련 연구

2.1 JTC-VC SHVC 비디오 표준

HEVC는 UHD와 같은 초고화질의 영상처리를 위해 2013년에 JTC-VC에서 차세대 비디오 부호화 기술로 표준화 되었다.[3] 또한, SHVC는 HEVC 표준에 스케일러블 기능이 확장된 버전으로 2014년에 표준화 되었다. SHVC는 화질 별로 BL과 EL들로 구성하여 여러 계층으로 인코딩하며, 업샘플링을 이용하여 하위 계층을 상위 계층의 참조화면으로 사용하는 방식인 ILRP (Inter Layer Reference Picture)를 지원한다. 또한, SHVC는 HEVC에 추가된 병렬처리 기술인 Tile과 WPP(Wavefront Parallel Processing)를 지원함으로써 기기와 네트워크 환경에 적응적, 효율적으로 영상을 처리 할 수 있다.[4]

2.2 ROI를 활용한 VR 영상 처리 기술 (Tiled VR)

실제 환경과 유사한 구 형태의 360도 파노라마 뷰를 제공하는 HMD는 사용자의 상하좌우 모든 영상을 볼 수 있지만, 사용자가 바라보는 시선은 전체 영상의 일부이다. 따라서 HMD의 효율적인 영상 처리를 위해서 사용자 시선인 ROI를 이용한 다음과 같은 비디오 영상처리 연구가 진행되고 있다.

(1) SHVC를 활용한 타일 기반 비디오 처리[5]

SHVC를 기반으로 ROI의 변화 따른 화면 전환 지연 및 비트율을 최소화하기 위한 기법이다. 360도 영상을 여러 타일로 분할하여 ROI에 포함된 타일만 스트리밍한다. 이 때, 네트워크 환경의 변화나 중언 이벤트 발생 시 적응적이고, 끊김 없는 비디오 스트리밍을 위해 SHVC의 다중 계층을 활용한다. 해당 연구는 ROI에 포함된 타일만 보내기 때문에 비트율은 최소화 할 수 있으나 사용자의 시선이 급격하게 움직일 경우 긴 지연시간의 한계를 가진다.

(2) VR 뷰포트에서의 일부 부분 비디오 처리[6]

단일 계층 또는 SHVC를 활용한 다중 계층의 시간적 화면 간 예측(Temporal Inter Prediction), 계층 간 예측(Inter-layer prediction), 타일 처리에 대하여 각 예측과 처리의 사용 유무를 통해 효율성을 비교 분석한다. 단일 계층을 타일처리하여 ROI 타일만 전송할 경우 빠른 회전 시 시선 처리에 대한 응답속도가 느리다는 단점을 극복하기 위해서 SHVC를 기반으로

시간적 화면 예측과 계층 간 예측을 한다. 즉, BL은 전체 화면을 처리하고 EL은 타일 처리하되 모든 타일을 인코딩 하고, ROI 타일만 디코딩 한다. 이 방식은 비 타일 방식 대비 약 170%의 큰 해상도를 보완할 수 있으며 20~32% 대역폭이 절약된다. 해당 연구는 본 연구와 큰 그림에서 유사하나, 본 연구가 EL을 타일처리하여 디코딩 할 때 움직임 추정과 보상을 고려하는 부분과 업샘플링 한 BL만 참조 화면으로 사용하는 점에 차이가 있다. 또한, ROI 타일을 비대칭 모바일 멀티코어에 최적화하여 할당처리 하는 본 연구의 장점을 가지지 못하였다.

3. 제안하는 SHVC를 이용한 ROI 타일 선택적 디코딩

3.1 문제점: 기존 SHVC 디코더에서 선택된 타일의 시간적 화면 간 예측 시 디코딩 되지 않은 타일 참조

기존 SHVC 디코더는 같은 계층 안에서 시간적 화면 간 예측을 하고 다른 계층 간에는 업샘플링 필터를 통해 계층 간 예측을 한다. 이는 디코더가 모든 계층을 전체 화면으로 디코딩 할 때 정상적으로 작동하지만 일부 타일을 선택하여 디코딩 할 때 시간적 화면 간 예측에서 움직임 추정과 보상에 대해 문제가 발생한다. 그림2는 SHVC EL에서 ROI 타일만 디코딩 할 경우의 참조하는 방식을 나타낸다. 현재 화면(PicEL_t)이 이전 화면(PicEL_{t-1})을 참조 할 때 ROI 타일의 외부지역에서 움직임이 추정 될 경우 디코딩 되지 않은 타일을 참조 하면서 디코딩 문제가 발생한다. 따라서 전체 화면 중 일부 선택된 타일만 디코딩 할 때 시간적 화면 간 예측에 대한 문제를 해결할 필요가 있다.

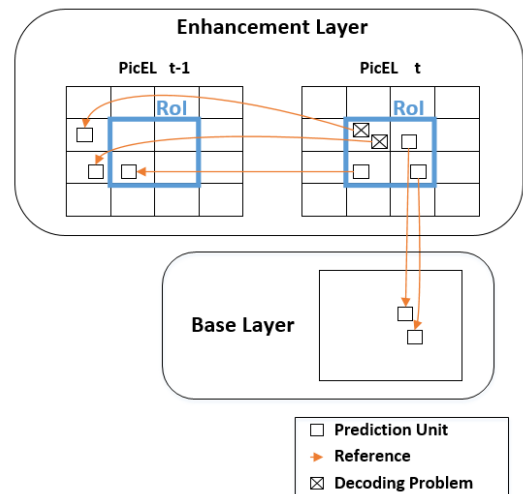


그림2. SHVC 디코더에서 ROI 타일 참조의 문제점

3.2 제안1: 업샘플링 된 BL을 활용한 EL에서의 타일 선택적 디코딩

본 논문은 앞서 3.1의 한계점을 보완하여 업샘플링 된 BL을 활용해 계층 간 예측을 수행한다. 즉, 그림 3과 같이 RPL(Reference Picture List)에는 업샘플링 된 BL만 포함하며 EL은 포함하지 않는다. 따라서 EL에서

ROI 타일은 같은 화면으로 업샘플링 된 BL을 참조한다. BL은 전체 화면을 디코딩하기 때문에 EL에서 ROI로 선택된 타일은 참조 화면의 모든 지역 참조가 가능하다. 따라서, 3.1절의 문제점을 해결할 수 있다. 이는 SHVC 디코더가 모든 계층을 전체 화면으로 디코딩 하였을 때보다 비트율이 낮아지며 EL에서 ROI 타일을 디코딩 시 갖는 참조오류를 없앤다. 또한, 디코더가 모든 계층을 ROI에 선택된 타일만 디코딩 하였을 때보다 급격한 사용자 시선 변화에 대한 응답속도를 높여준다.

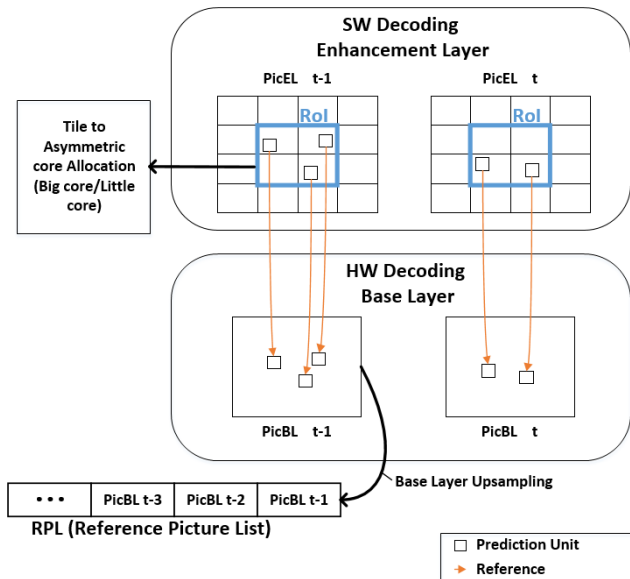


그림3. 제안하는 ROI 타일을 위한 SHVC 디코더 구조

3.3 제안2: 하드웨어와 소프트웨어기반 디코딩 분배와 비대칭 코어 별 타일 병렬 처리

모바일 VR기기에서 여러 타일로 분할된 초고화질 SHVC영상의 실시간 처리를 위해서는 하드웨어와 소프트웨어의 모든 자원 활용이 필수적이다. 본 연구는, 그림 3과 같이 360 영상을 담고 있는 BL은 DSP(digital signal processor)를 활용하여 하드웨어기반 디코딩을 하고 EL의 ROI 타일은 파일 단위로 처리하는 DSP 활용이 어려우므로 모바일 CPU의 비대칭 멀티코어와 GPU를 활용하여 소프트웨어기반 디코딩을 한다. 또한 선택된 EL의 ROI 타일별 복잡도를 분석하여 그 복잡도에 따라 해당 타일을 처리할 비대칭 멀티코어 (빅/리틀 구조)를 할당할 수 있다. 즉, 복잡도가 큰 타일은 빅 코어에 할당하고 복잡도가 작은 타일은 리틀 코어에 할당하여 디코딩한다. 본 연구는 위 두가지의 방안을 함께 적용하여 디코딩 속도를 높이기 위해, 비대칭 옥타코어로 구성된 최신 퀄컴 Snapdragon과 삼성 Exynos (빅4개/리틀4개)에 최적화된 제안하는 병렬처리 기법을 구현 중이다. 현재 6개 (2빅/4리틀) 멀티코어에서 구현된 멀티쓰레드로 타일처리 실험을 하였을 때, 약 18%의 디코딩 속도개선을 확인하였다.

4. 결론

본 연구는 초고화질의 모바일 VR 비디오 영상을 처리할 때 비트율을 줄이고 사용자 시선 움직임에 따른 응답 속도 향상을 위하여, ROI 중심의 SHVC 타일 기법을 제안한다. 구체적으로는 SHVC 디코더를 활용해 BL은 전체 화면을 디코딩하고, 사용자가 바라보는 ROI는 업샘플링 된 BL을 참조하는 EL의 타일을 디코딩 한다. 이는 전체 360도 영상을 인/디코딩 할 경우보다 비트율을 크게 줄이며, 모든 계층을 타일화 하여 선택된 ROI 타일만 전송할 경우보다 사용자의 급격한 시선 변화에 대한 응답속도를 크게 높인다.

더 나아가 모바일 VR에서의 디코딩 속도를 대폭 향상 시키기 위하여 연산 처리량이 많은 BL은 하드웨어 디코딩을 하고 비교적 연산 처리량이 낮은 EL은 소프트웨어 디코딩을 하도록 하되, EL의 ROI 타일을 비대칭 멀티코어를 갖는 모바일 CPU에 최적화하여 병렬처리한다.

현재, 본 연구는 구현/실험 중에 있으며, 그 중 비대칭 멀티코어에 최적화한 타일 병렬처리 기법은 구현 완료되어 실험하였을 때 18%의 디코딩 속도 개선을 확인하였다.

Acknowledgement

"이 논문은 2016 년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. NRF-2015R1C1A1A02037743)"

참고문헌

- [1] 류영일, 노현준, 류은석, "비대칭 멀티코어 시스템 상의 HEVC 병렬 디코딩 최적화를 위한 타일 분할 기법", 한국 정보과학회 논문지, 43 권 9 호, pp. 1060-1065, 2016 년 9 월.
- [2] Eun-Seok Ryu, Yeongil Ryu, "User Sight Information Signaling for VR360 Video Conference System using HMD", Multi-Screen Service Forum Specification, No. MSS.S-Y16-001, Aug. 10. 2016.
- [3] G.J. Sullivan, J.-R. Ohm, W.-J. Han, T. Wiegand, "Overview of the High Efficiency Video Coding (HEVC) Standard," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 22, no. 12, pp. 1649-1668, Dec. 2012.
- [4] J. M. Boyce, Y. Ye, J. Chen, A. K. Ramasubramonian, "Overview of SHVC: Scalable Extensions of the High Efficiency Video Coding Standard", IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 26, no. 1, pp. 20-34, Jul. 2015
- [5] Y. Sánchez, R. Skupin, T. Schierl, "Compressed Domain Video Processing for Tile Based Panoramic Streaming using SHVC", ImmersiveME '15 Proceedings of the 3rd International Workshop on Immersive Media Experiences, pp. 13-18, 2015
- [6] Y.-K. Wang, Hendry, M. Karczewicz "Viewport dependent processing in VR: partial video decoding", 115th MPEG meeting of ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, no. MPEG2016/ M38559, May-Jun. 2016