

## 3DoF+ 360 비디오 전송 비트레이트 절감을 위한 프로젝션 변경

정종범, 장동민, 김주형, 이순빈, 류은석  
가천대학교

uof4949@gc.gachon.ac.kr, dogzz9445@gc.gachon.ac.kr, elrisium@gc.gachon.ac.kr,  
soon0698@gc.gachon.ac.kr, esryu@gachon.ac.kr

### 3DoF+ 360 Video Projection Conversion for Saving Transmission Bitrates

JongBeom Jeong, Dongmin Jang, Ju-Hyeong Kim, Soonbin Lee, Eun-Seok Ryu  
Department of Computer Engineering, Gachon University

#### 요 약

최근 360 비디오를 지원하는 가상현실 시스템에 대한 수요가 높아지면서, 사용자의 편의를 위해 다양한 방법이 제안되고 있다. Moving Picture Experts Group (MPEG) 에서는 제한적인 사용자 경험을 제공하는 3DoF 를 넘어 3DoF+, 6DoF 표준을 진행하고 있고, 이에 따른 많은 연구도 활발히 진행되고 있다. 사용자가 앉아있는 상태에서 머리의 움직임에 따라 제한적인 자유도를 제공하는 3DoF+ 시스템은 여러 고해상도의 360 비디오 전송을 요구하여 네트워크 대역폭에 상당한 부담을 준다. 본 논문은 3DoF+ 360 비디오 전송 시 대역폭의 효율적 사용을 위한 비트레이트 절감 방안을 제안한다. 이를 위해, 본 논문은 360 비디오의 프로젝션을 변경하여 해상도를 줄이면서도 정보 손실을 최소화할 수 있는 방법을 제시하고 결과를 설명한다. 프로젝션 변경을 위해 360 라이브러리를 사용하였고, 인코딩과 디코딩 시 효율 측정을 위해 HEVC Test Model (HM)을 사용하였다. 최종적으로 구현된 시스템은 360 비디오를 최적의 프로젝션으로 변환 후 인코딩, 디코딩을 거치고 다시 360 비디오로 변환하는 과정을 지원한다.

#### 1. 서론

동영상 압축 기술의 급격한 발전으로, 영상 신호를 전송하는 멀티미디어 데이터의 이용이 계속 증가하고 있다. 동영상의 해상도가 지속적으로 증가하면서 효과적인 동영상 압축 기법이 요구되고 있다. 특히 최근 들어 UHD 이상의 고해상도를 요구하는 VR(Virtual Reality)에 대한 멀티미디어 데이터 전송을 위해 MPEG은 MPEG-I 라는 그룹을 만들어 몰입형 미디어에 대한 표준화를 2021 년까지 완료하는 것을 목표로 하고 있다. MPEG-I 그룹에서는 몰입형 영상 시청의 자유도에 따라 3DoF(Degree of Freedom), 3DoF+, 6DoF 로 나누고 표준화를 진행하고 있는데, 이 중 3DoF+는 사용자가 앉은 상태에서 머리를 움직일 때 제한적인 자유도를 지원하고 최근 활발하게 연구가 진행되고 있다. 그러나 3DoF+ 지원을 위해 여러 360 영상이 전송되어야 하는데, 이는 대역폭에 큰 부담이 되므로 이를 해결하기 위한 방안이 요구되고 있다.

여러 개의 3DoF+ 360 도 영상 중 하나를 사용자가 보려면 HMD(Head-Mounted Display)를 통해 보아야 하는데, 이 때 사용자가 이질감 또는 불편함을 느끼지 않을 해상도는 4K 정도이다. 이 경우 HMD 기기가 처리할 데이터의 양이 많아지는데, 모바일 플랫폼 기반 기기에서는 사용할 수 있는 자원이 PC 에 비해 제한적이기 때문에 몰입감 있는 VR 영상 감상에 문제가 될 수 있다. 4K 의 VR 영상에서 실제로

사용자가 보는 영역을 뷰포트라고 하는데, 이는 전체 영상의 일부만을 차지한다. 전체 영상을 전부 보내는 것보다는 사용자의 뷰포트 영역만을 처리하는 것이 통신 대역폭 활용에서 이점을 가지기 때문에 이에 대한 기술인 MCTS (Motion-Constrained Tile Set)가 MPEG에서 제안되었다[1]. 그리고 MCTS 를 구현한 내용을 담은 기고문과 논문이 제출되었다[2][3][4]. 사용자가 주로 보는 영역을 관심 영역(ROI, Region of Interest)이라고 하는데, 보통 영상의 중앙에 해당하는 경우가 많으므로 영상의 중앙은 고화질로, 나머지는 저화질로 인코딩하는 region-wise packing 이 MPEG에서 제안되었다[5]. 또한 사용자의 네트워크 환경에 따라 적절한 복수개의 영상을 전송하기 위해 3DoF+ 360 도 영상을 다운샘플링 후 전송하고 업샘플링 하는 연구도 진행되었다[6].

360 도 영상은 다양한 프로젝션에 의해 나타내어진다. 가장 보편적으로 구에 맵핑된 360 영상을 직사각형의 평면으로 매핑한 ERP(Equirectangular Projection) 영상이 쓰이나, CMP(Cubemap Projection) 등의 프로젝션도 영상 정보의 손실을 최소화하면서 영상의 크기를 줄이기 위해 제안되었다.

본 논문에서는 3DoF+ 지원을 위한 360 비디오 전송을 위해 프로젝션 포맷을 변경하여 영상의 크기를 줄이고 전송에 필요한 대역폭을 절감하는 기술을 제안한다. 프로젝션 변경은

HM 에 중속적인 360 Library 를 이용하였고, 인코딩과 디코딩은 360 Library 가 포함된 HM 을 이용하였다.

본 논문의 구성은 아래와 같다. 2 절에서는 관련 연구를 소개하고, 3 절에서는 본 논문에서 제안하는 비트레이트 절감 방법에 대해 설명한다. 4 절에서는 본 논문에 대한 결론을 서술한다.

## 2. 관련 연구

### 2.1. Projection

360 영상을 전송하기 위해 구에 맵핑된 영상을 2 차원 평면으로 매핑하는 과정이 필요하다. 이 방법을 프로젝션이라고 하고, 그 예로 ERP, CMP, ACP(Adjusted Cubemap Projection), OHP(Octahedron projection), SSP(Segmented sphere projection), EAC(Equi-Angular cubemap projection) 등이 있다.

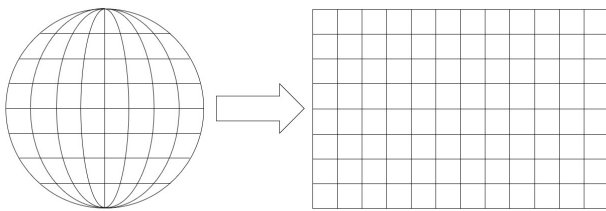


그림 1. Equirectangular Projection(ERP)  
Fig. 1. Equirectangular Projection

전방향 360 영상을 지원하기 위한 OMAF (Omnidirectional Media Format)에서는 해당 기술 지원을 위한 표준에 대해 정의한다[7]. ERP 는 360 영상을 2 차원 평면으로 표현할 때 기본적으로 사용되는 방법이고, 그림 1 에서 표현되었듯이 구에 맵핑된 영상을 2 차원 평면으로 매핑한다. 그래서 구의 위아래 끝에 해당하는 부분이 실제보다 작게 나타내어지고, 중앙에 해당하는 부분은 크게 나타내어지는 문제점이 있다.

CMP 는 그림 2 에서 표현되었듯이 구에 맵핑된 영상을 정육면체에 내접시키고 각 면에 맵핑시키는 방식이다. 경우에 따라 ERP 보다 영상 크기는 작아져서 압축 시 유리하나, 정육면체의 각 면의 가장자리에 해당하는 부분에서 왜곡이 발생하는 문제가 있다. 때문에 이를 보완한 ACP 는 CMP 를 기반으로 하면서 이 왜곡을 고려하여 360 영상을 2 차원 평면으로 맵핑시킨다.

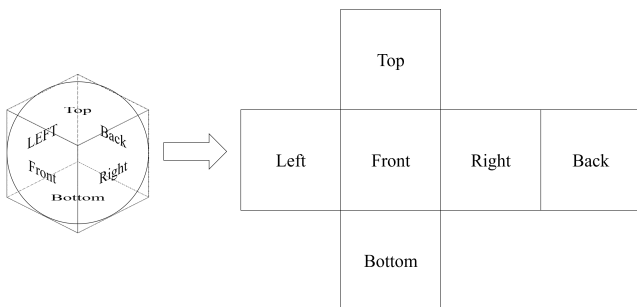


그림 2. Cubemap Projection(CMP)  
Fig. 2. Cubemap Projection

### 2.2. 3DoF+

MPEG-I 그룹은 몰입형 미디어를 위해 자유도에 따라 3DoF,

3DoF+, 6DoF 라는 용어들을 정의하였다. 3DoF 는 사용자가 앉은 상태에서 360 영상을 볼 수 있도록 하고, 3DoF+는 사용자의 머리 움직임을 지원하여 3DoF 에 제한적인 자유를 추가한다. 6DoF 는 사용자가 걸어 다니면서 360 영상을 볼 수 있도록 지원한다.

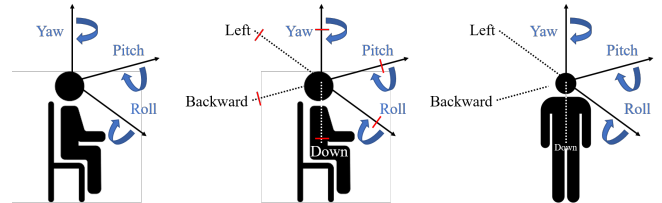


그림 3. 시야각과 자유도: (a) 3DoF, (b) 3DoF+, (c) 6DoF.  
Fig. 3. Viewing angle and degree of freedom: (a) 3DoF, (b) 3DoF+, (c) 6DoF.

### 2.3. View Synthesis

3DoF+는 2.2 절에서 살펴보았듯 사용자가 앉은 상태에서의 머리 움직임을 지원한다. 이를 위해 사용자의 뷰포트에 해당하는 영상을 합성하여 보여줄 수 있어야 하는데, 이 기술을 뷰 합성이라고 한다. 기존에 MPEG 에서서는 여러 영상을 이용해 가상의 뷰를 합성하는 프로그램으로 VSRS(View Synthesis Reference Software) [8] 를 사용하였다. 하지만 3DoF+는 많은 뷰를 지원하는 뷰 합성 프로그램이 필요하여 최대 4 개의 뷰를 지원하는 VSRS 대신 RVS(Reference View Synthesizer) [9]를 뷰 합성 프로그램으로 채택하였다. 그림 4 는 RVS 의 실행과정과 간단한 예시를 나타낸다.

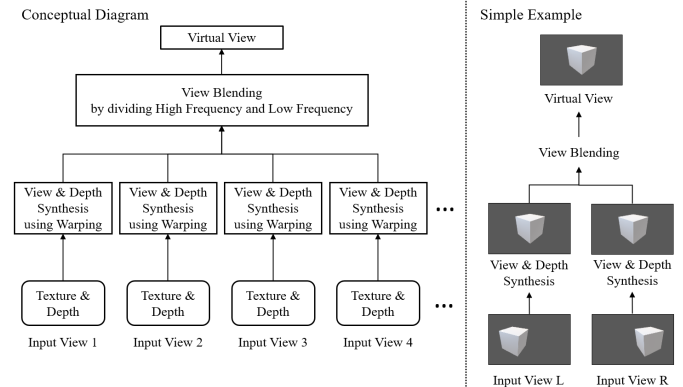


그림 4. RVS 실행 과정과 예시.  
Fig. 4. RVS execution process and an example.

## 3. 360 비디오 프로젝션 변경을 통한 영상 압축 및 복원

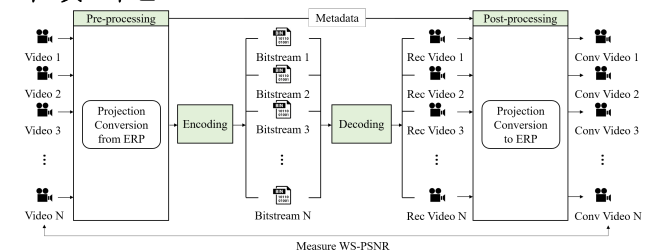


그림 5. 프로젝션 변경을 통한 영상 압축 및 복원.  
Fig. 5. Video compression and reconstruction with projection conversion.

그림 5 는 본 논문에서 제안하는 360 비디오 프로젝션 변경

을 통한 영상 압축 및 복원 구조도를 나타낸다. N 개의 360 ERP 영상을 프로젝션 변경을 통해 해상도를 작게 조절한 후 인코딩한다. 압축된 비트스트림을 다시 디코딩하고 ERP 로 프로젝션을 변경 후 생성된 영상의 품질을 원본과 비교하여 평가한다. 영상은 WS-PSNR[10]을 사용하여 품질을 측정하였다. 본 논문에서는 3DoF+ test sequence 인 ClassroomVideo[11]를 사용하여 실험을 진행하였다.

### 3.1. 360 비디오 프로젝션 변경

3 절에서 언급된 ClassroomVideo 는 360 도×180 도 FOV ERP 형식을 가진다. 본 논문에서는 360 비디오 프로젝션 변경을 위해 360lib-5.0[12]을 사용하였다. 변경할 프로젝션 포맷으로는 CMP, COHP1(Compact Octahedron projection), COHP2, ACP 를 사용하였다. 그림 6 은 4096x2048 해상도의 ERP 영상을 CMP3x2, COHP1, COHP2, ACP 로 프로젝션 변환한 결과를 나타낸다.

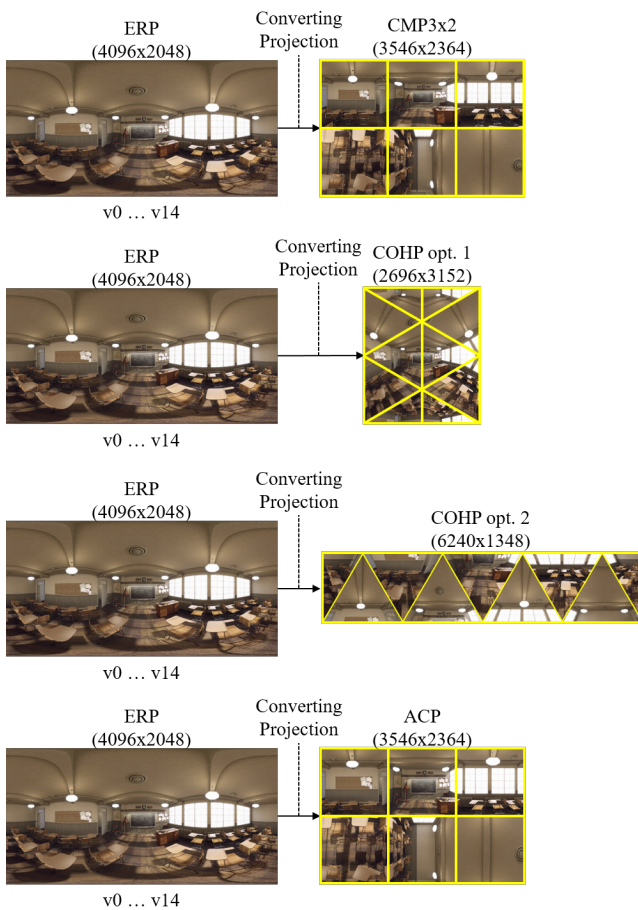


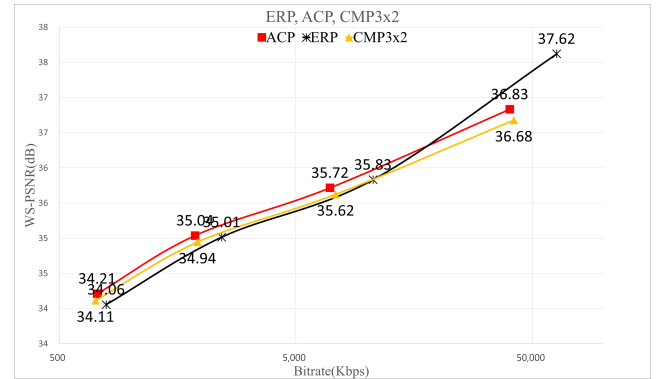
그림 6. ERP 에서 CMP3x2, COHP1, COHP2, ACP 로의 프로젝션 변환.

Fig. 6. Projection conversion from ERP to CMP3x2, COHP1, COHP2, and ACP.

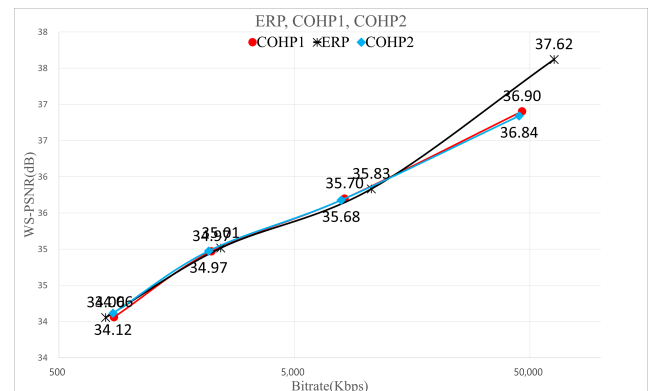
### 4. 실험 결과

본 논문에서는 3DoF+ CTC(Common Test Conditions)[13]에 따라 인코딩 시 360Lib 5.1 을 포함한 HM 16.16[14] 인코더를 사용한다. ClassroomVideo 의 15 개 뷰 중 v0 에 대하여 프로젝션 변환 후 QP=22, 27, 32, 37 일 때 인코딩하여 디코딩하고 다시 ERP 로 프로젝션을 변환하여 WS-PSNR 을 측정하였다. 비트레이트 대비 WS-PSNR 을 알아보기 위해 실험 결과에 대한 RD-curve 를 정리하였다.

그림 7-(a)는 원본인 ERP 와 ACP, CMP3x2 를, 7-(b)는 ERP 와 COHP1, COHP2 에 대한 RD-curve 를 나타낸다. 원본인 ERP 를 제외하면 ACP 가 bitrate 대비 가장 좋은 결과를 나타냈다. ACP 와 ERP 를 비교 시 QP(Quantization Parameter)=22 일 때는 ERP 가 더 우세했으나 QP=27, 32, 37 인 구간에서는 ACP 가 더 좋은 결과를 보여주었다.



(a)



(b)

그림 7. (a) ERP, ACP, CMP3x2 의 RD-curve; (b) ERP, COHP1, COHP2 의 RD-curve.

Fig. 7. (a) RD-curve of ERP, ACP, CMP3x2; (b) RD-curve of ERP, COHP1, COHP2.

### 5. 결론

본 논문에서는 3DoF+에 대응하는 360 영상에 대한 비트레이트를 절약하기 위해 프로젝션 변경 방법을 제안하고 결과를 정리하였다. 프로젝션 변경을 위해 360lib 을, 인코딩과 디코딩에 HM 을 사용하였다. CMP3x2, COHP1, COHP2, ACP 4 가지 프로젝션 중 ACP 가 가장 좋은 결과를 보여주었고, 원본인 ERP 와 비교했을 때 QP 가 22 일 때를 제외하면 ERP 보다 ACP 가 더 좋은 결과를 나타냈다. 본 논문에서는 하나의 뷰에 대하여 프로젝션 변환을 진행했지만, 더 정확한 결과를 위해서는 모든 뷰에 대하여 프로젝션 변환을 진행하고 더 넓은 범위의 QP 에 대하여 인코딩을 진행해야 할 것이다.

### 참고문헌

[1] Ye-Kui Wang, Hendry, Marta Karczewicz. (2016). Viewport dependent processing in VR: partial video decoding. 116th MPEG meeting of ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, MPEG 116/ m38559.

[2] Robert Skupin, Yago Sanchez, Karsten Sühring,

- Thomas Schierl, Eun-Seok Ryu, Jangwoo Son. (2017). 120th MPEG meeting of ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, MPEG 120/ m41626.
- [3] Jang-Woo Son, Dongmin Jang, Eun-Seok Ryu. (2018). Implementing Motion-Constrained Tile and Viewport Extraction for VR Streaming. ACM Network and Operating System Support for Digital Audio and Video 2018 (NOSSDAV2018).
- [4] Jang-Woo Son, Dongmin Jang, Jong Beom Chung, Eun-Seok Ryu. (2018). Implementing 360 Video Tiled Streaming System. ACM Multimedia Systems 2018.
- [5] Sejin Oh, Soojin Hwang. 2017. OMAF: Generalized signaling of region-wise packing for omnidirectional video. 118th MPEG meeting of ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, MPEG2017/ m40423.
- [6] JongBeom Jeong, Dongmin Jang, Jangwoo Son, Eun-Seok Ryu. 2018. 3DoF+ 360 Video Location-Based Asymmetric Down-Sampling for View Synthesis to Immersive VR Video Streaming. MDPI Sensors, 18(9), pp. 3148.
- [7] 오세진. (2017). 360 미디어를 위한 MPEG Omnidirectional Media Format (OMAF) 표준 기술. 방송공학회논문지 제 22 권 제 5 호, 2017.9, 600-607.
- [8] Takanori Senoh, Nobuji Tetsutani, Hiroshi Yasuda. 2018. MPEG-I Visual: View Synthesis Reference Software (VRSx). 123rd MPEG meeting of ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, MPEG2018/m42911.
- [9] Bart Kroon, Gauthier Lafruit, 2018. Reference View Synthesizer (RVS) 2.0 manual. 123rd MPEG meeting of ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, MPEG2018/n17759.
- [10] Yule Sun, Ang Lu, Lu Yu. 2016. [FTV-AHG] WS-PSNR for 360 video quality evaluation. 115th MPEG meeting of ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, MPEG2016/m38551.
- [11] Bart Kroon. 2018. 3DoF+ test sequence ClassroomVideo. 122nd MPEG meeting of ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, MPEG2018/m42415.
- [12] 360Lib-5.0. [Online]. Available: [https://jvet.hhi.fraunhofer.de/svn/svn\\_360Lib/tags/360Lib-5.0](https://jvet.hhi.fraunhofer.de/svn/svn_360Lib/tags/360Lib-5.0).
- [13] Joel Jung, Bart Kroon, Renaud Doré, Gauthier Lafruit, Jill Boyce. 2018. Update on N17618 v2 CTC on 3DoF+ and Windowed 6DoF. 123rd MPEG meeting of ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, MPEG2018/m43571.
- [14] HM reference software 16.16. [Online]. Available: [https://hevc.hhi.fraunhofer.de/svn/svn\\_HEVCSoftware/tags/HM-16.16](https://hevc.hhi.fraunhofer.de/svn/svn_HEVCSoftware/tags/HM-16.16).