

# 16K 초고화질 360도 영상에서의 사용자 시점 기반 타일 스트리밍 성능 분석

정종범, 이순빈, 김인에, 류영일, 류은석  
성균관대학교 컴퓨터교육과

uof4949@skku.edu, soonbinlee@skku.edu, inaelk@skku.edu, yeongilyoo@gmail.com,  
esryu@skku.edu

## Performance Analysis of Viewport-dependent Tiled Streaming on 16K Ultra High-quality 360-degree Video

Jong-Beom Jeong, Soonbin Lee, Inae Kim, Yeongil Ryu, Eun-Seok Ryu  
Department of Computer Education, Sungkyunkwan University

### 요 약

몰입형 가상 현실 서비스를 제공하기 위해서는 초고화질 및 초해상도의 360도 영상 전송이 요구되고, 이는 높은 대역폭 및 연산량을 요구한다. 이에 따라 360도 영상에 대한 타일 분할 기법을 적용하여 사용자가 바라보는 시점만 전송하는 타일 기반 스트리밍 기법이 활발히 연구되고 있다. 본 논문에서는 16K 초고화질 360도 영상에 사용자 시점 기반 타일 스트리밍을 적용하고, 성능 평가 결과를 소개한다. 제안하는 타일 기반 스트리밍 기법 사용 시 영상 전체를 부호화하여 전송하는 방법 대비 66.97%의 bjontegaard delta rate (BD-rate) 절감을 확인하였다.

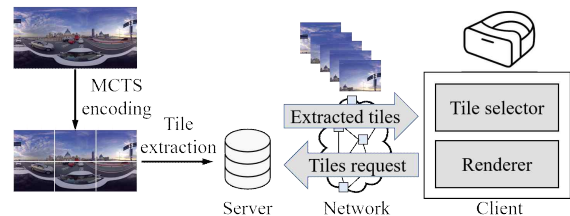
### 1. 서 론 (신명조, 9, 진하계)

최근 가상 현실 (virtual reality; VR) 기술의 발전으로 몰입형 미디어를 가상 현실을 통해 제공하는 것이 가능해졌고, 이를 위한 기술 및 장비의 중요성이 증가하고 있다. 몰입감을 극대화시키기 위해서는 기존의 디바이스에서 제공되던 것을 상회하는 초고화질의 영상이 요구된다. 예로, moving picture experts group (MPEG)에서 제안된 보고서에 따르면 사용자가 어지러움 및 불편감 (motion sickness)을 느끼지 못할 정도의 영상을 제공하려면 적어도 12K 이상, 90 fps 이상의 품질을 가지는 초고화질 360도 전방위 영상과 20ms 미만의 motion-to-photon (MTP) latency가 필요하다.

이에 몰입형 가상 현실 미디어를 제공하기 위해 필요한 기술 중 하나인 효율적인 360도 전방위 영상 스트리밍 기술이 제안되고 있다. 사용자의 위치에 따라 영상 크기를 적응적으로 다운샘플링하는 연구[2], 복수 개의 영상 전송 시 각 영상의 위치를 참고하여 영상 간 중복성을 제거하는 연구[3], 영상을 비트스트림 레벨에서 타일로 분할하여 사용자 시점 타일만 추출하고 전송하는 연구[4], 사용자가 바라볼 가능성이 높은 영역을 예측하여 타일 전송 기법과 결합한 연구[5] 등이 제안되었다.

타일을 이용한 사용자 시점 기반 스트리밍 평가 시 360도 영상이 사용될 수 있으나, 사용자의 만족도를 높이기 위해서는 [1]에서 언급된 바와 같이 12K 이상의 고품질 영상이 사용되어야 한다. 하지만 영상 촬영 및 정합의 어려움 때문에 고품질 360도 영상 취득이 어렵고, 그에 따른 스트리밍 효율 검증 또한 부족하다.

본 논문은 16K 초고화질 360도 영상에서의 사용자 시점 기반 타일 스트리밍 실험 과정 및 결과를 제안한다. 그림 1은 본 논문에서 사용한 사용자 시점 기반 타일 스트리밍 구조도를 나타낸다. 영상 부호화 도구로 high-efficiency video coding (HEVC)을, 영상의 품질 평가 기법으로 peak



(그림 1) 사용자 시점 기반 타일 스트리밍 구조도

signal-to-noise ratio (PSNR), video multimethod assessment fusion (VMAF), multi-scale structural similarity (MS-SSIM), immersive video PSNR (IV-PSNR)을 선정하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 절에서는 관련 연구로 HEVC에서의 타일 기반 스트리밍 기법을 소개한다. 3 절에서는 16K 초고화질 영상에서의 타일 기반 스트리밍 기법의 실험 결과를 설명하고 마지막으로 4절에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

### 2. 관련 연구

본 절에서는 사용자 시점 기반 360도 영상 스트리밍 기술을 소개한다. HMD를 통한 가상 현실 360도 영상 재생 시 영상의 일부인 사용자의 field of view (FoV) 만큼만 렌더링된다. 따라서, 영상 전송 시 사용자의 관심 영역을 알고 있다면 해당 영역만 전송하여 대역폭을 절약할 수 있다. 한편, HEVC에서는 공간 및 시간적 예측 범위를 직사각형 형태의 타일로 제한하는 motion-constrained tile set (MCTS) 기법이 제안되었고[6], 이를 통해 각 타일의 독립적 추출 및 부호화가 가능하다. 따라서, 360도 영상에서 사용자 시점에 해당하는 타일을 선택 및 추출하여 전송하면 영상 전체를 전송할 때보다 대역폭을 절약할 수 있다.



(그림 2) 16K 360도 테스트 영상, (좌) Drone, (우) LakePark

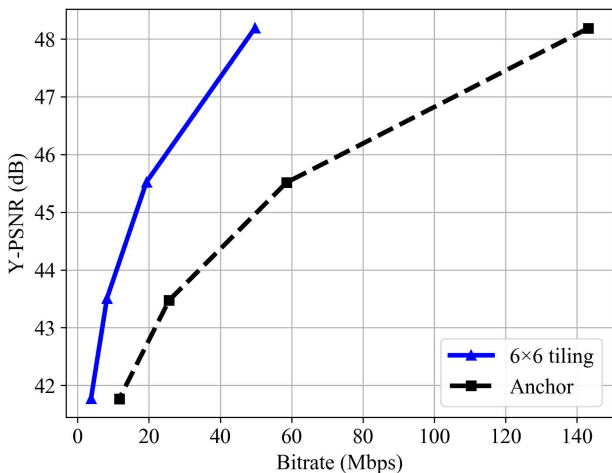
### 3. 16K 초고화질 360도 영상에서의 사용자 시점 기반 타일 스트리밍

본 논문에서는 16K 초고화질 영상에서의 사용자 시점 기반 타일 스트리밍의 효율을 검증하기 위해 그림 2에 도시된 바와 같이 2개의 16K 360도 영상을 선정하였다. 영상 부호화, 복호화 및 타일 추출에는 HEVC test model (HM) 16.20 버전을 사용하였고, 영상을 6×6 배열로 분할되었으며 개별 타일은 2560×1280의 크기를 가진다. 사용자 시점 시나리오는 joint video experts team (JVET)의 기고서[7]에서 제안한 4가지 중 사용자의 불편감을 적게 주는 2개의 시나리오를 선정하였다.

실험에는 2 개의 intel xeon e5-2687w v4 CPU 및 128GB의 메모리가 장착된 서버를 사용하였고, OS는 ubuntu 18.04를 사용하였다. 영상의 품질 평가에는 PSNR, VMAF, MS-SSIM, IV-PSNR이 사용되었다. 표 1은 16K 초고화질 360도 영상 스트리밍 시 영상 전체를 전송했을 때 대비 사용자 시점 기반 스트리밍 기법을 적용 시 bjontegaard delta rate (BD-rate) 절약을 보여준다. 타일 기반 스트리밍 시 Y-PSNR, VMAF, MS-SSIM, IV-PSNR에 대해 각각 66.97%, 67.07%, 66.66%, 64.99%의 BD-rate 절약을 가능하다. 그림 3은 16K 초고화질 360도 영상에 대한 전체 영상 스트리밍 대비 타일 기반 스트리밍 기법의 rate-distortion (RD) curve를 나타낸다. 가로축은 대역폭을, 세로축은 품질을 나타내는데 타일 기반 스트리밍이 높은 대역폭에서 전체 영상 전송 대비 더 좋은 품질의 영상을 제공할 수 있음을 알 수 있다.

(표 1) 16K 360도 영상에 대한 타일 기반 스트리밍 기법의 BD-rate 절약을

Sequence name	Y-PSNR	VMAF	MS-SSIM	IV-PSNR
Drone	-68.24%	-68.02%	-68.09%	-64.27%
LakePark	-65.70%	-66.12%	-65.24%	-65.71%
Average	-66.97%	-67.07%	-66.66%	-64.99%



(그림 3) 16K 360도 영상에 대한 타일 스트리밍 기법의 RD-curve

### 4. 결론

본 논문은 16K 초고화질 360도 영상에서의 사용자 시점 기반 타일 스트리밍의 효율을 검증한다. HEVC 기반의 MCTS 기법을 사용하여 영상을 비트스트림 수준에서 타일로 분할하였고, 사용자의 시점에 해당하는 타일을 추출하여 전송하고 HMD에 해당하는 영상을 렌더링하여 제공하였다. 타일 스트리밍 기법을 사용하였을 때 16K 초고화질 360도 영상에서 평균 66.97%의 BD-rate 절약을 확인하였다. 향후 연구로 저지연 스트리밍을 위해 고품질의 사용자 시점 타일뿐만 아니라 전체 영상에 대한 저품질의 비트스트림을 동시 전송하는 기법의 효율을 측정할 계획이다.

### ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2019R1A2C1010476). 이 논문은 또한 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2020-0-00231, 5G 엡지클라우드 기반 VR·AR 저지연 스트리밍 기술 개발)

### 참고 문헌

- [1] Mary-Luc Champel, Thomas Stockhammer, Thierry Fautier, Emmanuel Thomas, Rob Koenen, "Quality Requirements for VR", 116th MPEG meeting of ISO/IEC JTC1/SC29/ WG11, MPEG 116/m39532, 2016.
- [2] JongBeom Jeong, Dongmin Jang, Jangwoo Son, EunSeok Ryu, "3DoF+ 360 Video Location-Based Asymmetric Down-Sampling for View Synthesis to Immersive VR Video Streaming", Sensors, 18 ,9, 3148, 2018.
- [3] Jong-Beom Jeong, Soonbin Lee, Dongmin Jang, EunSeok Ryu, "Towards 3DoF+ 360 Video Streaming System for Immersive Media", IEEE Access, 7, pp. 136399-136408, 2019.
- [4] Jang-Woo Son, Dongmin Jang, Eun-Seok Ryu, "Implementing Motion-Constrained Tile and Viewport Extraction for VR Streaming", In Proceedings of the 28th ACM Network and Operating System Support for Digital Audio and Video, pp. 61-66, 2018.
- [5] Soonbin Lee, Dongmin Jang, JongBeom Jeong, Eun-Seok Ryu, "Motion-constrained tile set based 360-degree video streaming using saliency map prediction", In Proceedings of the 29th ACM Network and Operating System Support for Digital Audio and Video, pp. 20-24, 2019.
- [6] Alireza Zare, Alireza Aminlou, Miska Hannuksela, Moncef Gabbouj, "HEVC-compliant tile-based streaming of panoramic video for virtual reality applications", In Proceedings of the 24th ACM international conference on Multimedia, pp. 601-605, 2016.
- [7] Tomohiro Ikai, Yukinobu Yasugi, Tomoko Aono, "Ahg8: Dynamic viewport generation for 360° video evaluation", 127th MPEG meeting of ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, MPEG2017/m39669, 2017.