360 비디오 부호화를 위한 HEC 투영 성능분석

김남철, 김현호, 윤용욱, 김재곤
한국항공대학교
{hhkim, yuyoon@kau.kr}@kau.kr, jgkim@kau.ac.kr

Performance Analysis of Hybrid Equiangular Cubemap (HEC) for 360 Video Coding

Nam-Cheol Kim, Hyun-Ho Kim, Yong-Uk Yoon, and Jae-Gon Kim
Korea Aerospace University

요 약

360 비디오는 VR 미디어의 확산과 함께 몰입형 미디어로 주목 받고 있으며, JVET(Joint Video Experts Team)에서는 post-HEVC 로 진행중인 VVC(Versatile Video Coding) 표준화에 360 비디오 부호화도 함께 포함하고 있다. 현재 JVET 에서는 360 비디오를 부호화 하기 위한 다양한 구(sphere) 영상의 2D 투영기법이 고려되고 있다. 이러한 2D 투영에서는 구 영상의 화소 샘플이 2D 영상에 비 균일하게 매핑되는 변환 왜곡이 발생하며, 이는 360 비디오의 부호화 효율을 저하시키는 원인이 된다. 본 논문에서는 CMP 의 개선된 투영 기법인 기존의 EAC(Equi-Angular Cubemap)와 HEC(Hybrid Equiangular Cubemap)를 소개하고, 이를 바탕으로 HEC 의 확장 변환 기법을 제시하여 객관적/주관적 부호화 성능을 확인한다.

1. 서론

최근 상용 VR 응용 서비스가 확산되면서 360 비디오는 몰입감을 제공하는 미디어로 그 주목도가 더해져 가고 있다. 이에 따라 JVET(Joint Video Exerts Team)에서는 post-HEVC 로 진행중인 VVC(Versatile Video Coding) 표준화에 360 비디오 부호화도 함께 고려하고 있다.

JVET 의 360 비디오 워크플로(workflow)에서는 360 비디오 부호화를 위해서 우선 구(sphere) 비디오를 2D 비디오로 투영 변환한다[1]. ERP(Equirectangular Projection Format), CMP(Cubemap Projection), OHP(Octahedral Projection), SSP(Segmented Sphere Projection) 등 다양한 투영 기법이 고려되고 있다. ERP 는 기본적인 2D 포맷으로 테스트 시퀀스의 포맷으로 사용되고 있으며, CMP 는 부호화를 위한 대표적인 포맷으로 고려되고 있다. 구 영상의 2D 변환에서 구 영상의 화소 샘플이 2D 영상에서 비 균일적으로 매핑 되는 왜곡이 발생한다. 부호화 성능을 위해서는 이러한 매핑에 의한 왜곡을 줄이는 것이 필요하며, CMP 의 변환 왜곡을 개선한 투영 기법으로 EAC(Equi-Angular Cubemap)[2]와 HEC(Hybrid Equiangular Cubemap)[3]가 제안되었다. EAC 는 CMP 의 비균일적인 매핑을 균일하게 매핑 되도록 하여 각 페이스에서의 매핑 왜곡을 줄인 것이다. HEC 는 Top 과 Bottom 페이스(face)는 EAC 를 사용하고 나머지 구의 적도를 포함한 4 개의 페이스는 보다 균일하게 2D 로 매핑 되도록 변경한 기법이다.

본 논문에서는 CMP 의 변환 왜곡을 개선한 EAC 와 HEC 를 사용한 360 비디오의 부호화 성능을 분석하고, 이를 바탕으로 보다 개선된 HEC 투영 변환 기법을 제시하고 객관적/주관적 부호화 성능을 확인한다. 확장된 HEVC 투영 기법은 기존의 HEC 와 EAC 각각의 장점을 결합하여 360 비디오의 부호화 성능을 개선하고자 한다.

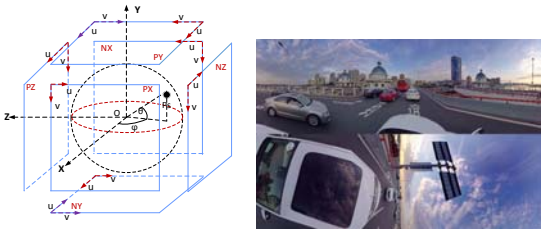
2. CMP, EAC, HEC 투영 기법

CMP 는 그림 1(a)와 같이 360 구 영상을 정육면체의 6 개의 정사각형으로 투영하는 방식으로, 360 비디오 부호화를 위한 대표적인 포맷으로 고려되고 있다. CMP 의 구 영상의 2D 변환 시 발생하는 비균일 매핑 왜곡을 개선하기 위한 기법으로 EAC 와 HEC 가 제안되었다.

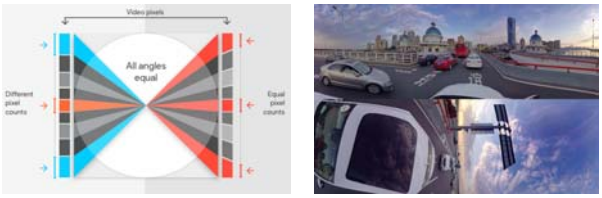
EAC 는 CMP 의 비균일적인 매핑을 균일하게 매핑 되도록 하여 각 페이스에서의 매핑 왜곡을 줄인 것이다. 즉, CMP 는 구의 극으로 갈수록 2D 에서 확대되어 매핑이 된다. 이를 개선하기 위해서 EAC 에서는 그림 1(b)에서와 같이 동일한 각도에 해당하는 동일한 구의 영역이 2D 에서 가능한 균일하게 매핑되도록 화소의 위치를 조정한다.

HEC 는 그림 1(c)와 같이 Top 과 Bottom 페이스는 EAC 포맷을 사용하고 나머지 구의 적도를 포함한 4 개의 페이스는 EAC 보다 더 균일하게 2D 로 매핑 되도록 변경한 기법이다. 그림 1 (a), (b)와 (c)는 각각 CMP, EAC 와 HEC 의 2D 투영 기법과 그 예시를 보인 것이다.

하지만 HEC 는 전체적으로는 EAC 보다 변환 왜곡을 줄이지만 패킹된 2D 프레임에서 상단을 구성하는 3 개 페이스 각각의 중간에서 실제의 영상과 달리 곡선화되어 매핑되는 현상이 나타난다.



(a) CMP



(b) EAC

(c) HEC

그림 1. CMP, EAC 와 HEC 2D 투영 및 예시

3. 확장된 HEC 투영 기법

제안하는 HEC 확장 투영 기법은 EAC 의 2D 매핑 방법을 HEC 에 적용하여 기존 HEC 매핑으로 인해 발생하는 왜곡을 최소화하여 360 비디오 부호화 성능을 개선하고자 한다. 즉, 제안 기법은 HEC 에서의 새로운 왜곡을 개선하기 위하여 왜곡 영역을 HEC 대신에 EAC 로 대체한다. 즉, HEC 로 투영 패킹된 2D 프레임 상단의 3 개 페이스의 중간 영역에 해당하는 부분은 EAC 로 대체하여 투영하도록 한다.

식 (1)은 제안하는 HEC 투영를 위한 2D-to-3D 변환을 위한 식이다. 식 (1)을 이용해서 2D 에서 y -좌표 v 에 대한 3D 에서의 좌표 (ϕ,θ) 로 매핑될 수 있는 $f(v)$ 를 구할 수 있다. 제안 기법은 식 (1)과 같이 HEC 와 EAC 변환식에 의한 $f(v)$ 가 동일해지는 범위를 경계로 HEC 와 EAC 변환으로 나누어 투영한다. 즉, 식 (1)을 이용하여 2D 프레임의 상단의 3 개 페이스의 경계 주변 영역은 HEC 방식으로 투영하고, 그 외의 영역은 EAC 방식으로 투영을 진행하게 된다.

$$f(v)=\begin{cases}\dfrac{v}{1+0.4\left(1-u^2\right)\left(1-v^2\right)}, & \text{if } |EAC|\le|HEC| \\ \tan\left(\dfrac{\pi}{4}\right), & \text{otherwise}\end{cases} \quad (1)$$

그림 2 는 제안하는 개선된 HEC 투영의 예시이다. 페이스 경계에서는 HEC 투영방식이 적용되어 영상이 자연스럽게 이어진 것을 확인할 수 있고, 그 외의 영역에는 EAC 투영방식이 적용되어 있는 것을 확인할 수 있다.

그림 2. 제안 HEC 투영 예시

4. 실험결과

제안한 기법을 VTM2.0 에 구현하여 CTC(Common Test Condition)[4]에 따라 부호화 성능을 확인하였다. 성능 평가는 End-to-End(E2E), S-PSNR-NN, WS-PSNR 를 사용하였다. 객관적인 부호화 성능은 기존 HEC 대비 E2E S-PSNR-NN, WS-PSNR 에 대해 각각 1.59% 1.54% BD-rate 의 성능 저하가 발생하였다.

표 1. 제안 기법의 실험 결과

Anchor: HEC	E2E S-PSNR Y	E2E WS-PSNR Y
8K	1.07%	0.97%
6K	2.12%	2.11%
Avg.	**1.59%**	**1.54%**

5. 결론

본 논문은 360 비디오 부호화를 위한 대표적인 2D 투영 기법인 CMP 를 개선한 기존의 HEC 투영 기법의 문제점을 분석하고 이를 개선하기 위한 확장된 HEC 투영 기법을 제시하였다. 제안 기법은 객관적인 부호화 성능이 저하되는 것으로 확인되었으나, 투영된 2D 영상에서의 비 현실적인 왜곡을 감소할 수 있음을 확인하였다. 이를 바탕으로 부호화 성능 향상도 가능할 것으로 판단되며 이를 위한 추가적인 연구를 진행할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2017 년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. NRF-2017R1D1A1B03030331).

참 고 문 헌

[1] Y. Ye, E. Alshina, J. Boyce, "Algorithm descriptions of projection format conversion and video quality metrics in 360Lib," JVET document, JVET-G1003, 2017.
[2] M. Zhou, "AHG8: A study on Equi-Angular Cubemap projection (EAC)," JVET document, JVET-G0056, 2017
[3] P. Hanhart, "CE13: Hybrid angular cubemap projection (Tests 4.1 and 4.2)," JVET document, JVET-K0330, 2018.
[4] E. Alshina, J. Boyce, A. Abbas, and Y. Ye, "JVET common test conditions and evaluation procedures for 360-degree video," JVET document, JVET-G1030, 2017.