

비디오 기반 GSC 부호화에서 프레임패킹 포맷의 부호화 효율 실험

이광순, 정준영, 추현곤
한국전자통신연구원

gslee@etri.re.kr

Experiment on Coding Efficiency of Frame-packing in Video-based GSC Coding

Gwangsoon Lee, Jun Young Jeong and Hyon-Gon Choo
ETRI.

요 약

본 논문에서는 비디오 기반 GSC(Gaussian Splat Coding) 부호화에서 프레임 패킹 포맷의 부호화 파라미터에 따른 부호화 효율 실험 결과를 소개합니다. 구체적으로, 프레임 패킹 포맷에서 일부 속성영상의 비트 깊이 값을 조정함으로써 부호화 효율이 향상될 수 있음을 검증합니다.

I. 서 론

가우시안 스플래팅(Gaussian Splatting: GS)은 6 자유도(6DoF)를 지원하는 고정밀 몰입형 시각 표현 기술로, 기존의 메시나 포인트 클라우드 기반 표현이 가지는 한계를 극복하고 사실적인 장면 재현이 가능한 차세대 기술로 부상하고 있다 [1]. 그러나 고용량 공간 데이터를 기반으로 하는 특성상 효율적인 압축 기술이 필수적이며, 이에 따라 MPEG에서는 프레임 단위로 학습한 3DGS 모델을 중심으로 GSC(Gaussian Splat Coding)이란 타이틀로 표준화 작업을 추진하고 있다. 그림 1은 MPEG에서 다시점영상을 기반으로 3DGS 모델 데이터 부호화를 위한 표준화 개념을 설명하고 있다. [2]

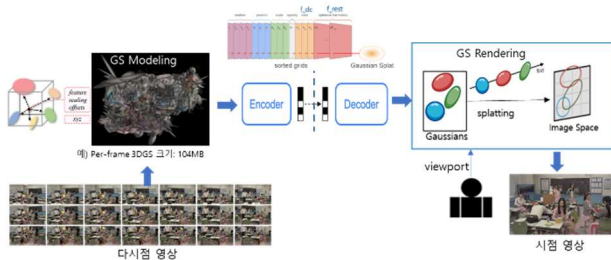


그림 1. MPEG GSC에서의 3DGS 부호화 표준기술 개념

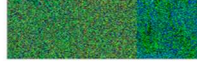
하나의 GS는 장면의 정확한 묘사를 위해 다양한 속성 정보를 포함하고 있다. GS의 위치 속성 정보는 중심 좌표 벡터(x, y, z)를 통해 공간 상의 위치를 정의하며, 스케일링 벡터(s_1, s_2, s_3)는 해당 가우시안의 크기를 결정한다. 또한 회전 벡터(r_1, r_2, r_3, r_4)는 quaternion 형식으로 방향성을 표현하고, 불투명도(opacity)는 해당 가우시안이 색상 표현에 얼마나 기여하는지를 결정하는 요소로 작용한다. 색상 정보는 구면조화(Spherical Harmonics: SH) 계수로

표현되며, 3차의 경우 총 48개의 실수 값(sh_1 부터 sh_{48} 까지)을 통해 다양한 조명 조건에서도 자연스럽게 반사되는 색상을 구현할 수 있도록 DC와 AC 성분으로 구성된다. 이러한 속성 정보들은 대부분 32비트 부동소수점 형식으로 저장되며, 결과적으로 하나의 GS는 총 59개의 파라미터를 포함하게 된다. 기존의 비디오 코덱을 통해 GS 속성들을 부호화하는 비디오 기반 3DGS 코덱은 GS 데이터를 비디오 부호화 효율을 향상시키기 위한 PLAS 기술을 이용하여 소팅하여 2D 평면으로 매핑하고 이들을 2D 비디오 코덱(HEVC 등)을 통해 압축하는 방식을 사용하고 있다. 본 논문에서는 비디오 기반 3DGS 코덱을 위한 비디오 프레임 패킹 구조의 예시와 부호화 효율 실험결과를 비교한다.

II. 비디오 기반 3DGS 부호화를 위한 프레임패킹 구조

그림 2는 비디오 코덱을 이용해 GS 속성을 부호화할 때, 파일 및 디코더 개수를 줄이기 위한 프레임 패킹 포맷의 예를 보여주고 있다. 위치 속성은 고정밀도를 요구하므로 무손실 압축을 하여야 하므로 위치 벡터 세 개에 대한 속성영상들이 패킹된 첫번째 비디오로 생성되고, 그외 나머지 속성영상들은 손실 압축이 가능한 두번째 비디오로 패킹되어 듀얼 HEVC 인코더 및 디코더를 통해 부호화될 수 있다. 여기서, 고려해야 될 사항은 두번째 비디오를 구성하는 회전, 투명도, SH DC(f_{dc}) 및 SH AC (f_{rest}) 속성영상들의 특징에 따라 HEVC 부호화에서 요구되는 QP(양자화 파라미터)가 다른데, 단일 프레임 영상으로 패킹되는 과정에서 하나의 QP 값을 사용해야 된다는 점이다. 따라서 본 논문에서는 이 문제를 해결하기 위해서 그림 3에서와 같이 상대적으로 넓은 양자화 간격 즉 높은 QP 값을 요구하는 SH AC (f_{rest})는 픽셀당 비트깊이(bitdepth)값을 줄여 QP 조절과 유사한 효과를 낼 수 있도록 인코더 파라미터를 설정하여 실험하고자 한다.

```
# First video
comp_0 :x,y,z
bd_0   : 16
codec_0 : hm
config_0 : lossless.cfg
format_0 : yuv420
```



```
# Second video
comp_1 :f_dc, f_rest,
opacity, scale_0, scale_1, scale_2,
rot_0, rot_1, rot_2, rot_3
bd_1   : 10

codec_0 : hm
config_0 :
encoder_intra_main10.cfg
format_0 : yuv420
```

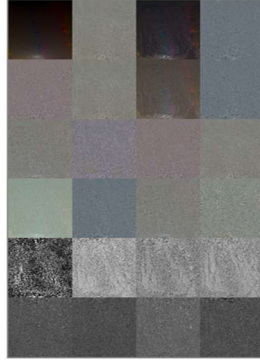
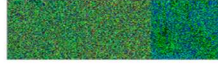


그림. 2. 비디오 기반 GSC 부호화를 위한 프레임
패킹 구조 예시

```
# First video
comp_0 :x,y,z
bd_0   : 16
codec_0 : hm
config_0 : lossless.cfg
format_0 : yuv420
```



```
# Second video
comp_1 :f_dc, f_rest,
opacity, scale_0, scale_1, scale_2,
rot_0, rot_1, rot_2, rot_3
bd_1   : 10 # all
        8 or 9 # f_rest

codec_0 : hm
config_0 :
encoder_intra_main10.cfg
format_0 : yuv420
```

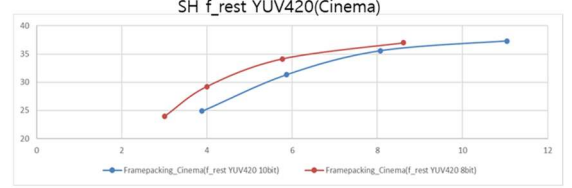
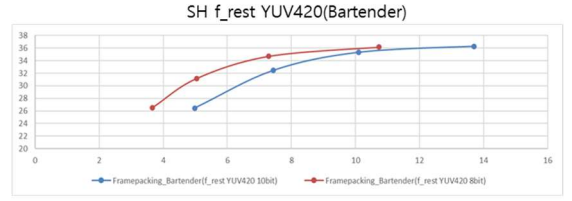


그림. 3. 본 논문에서의 비디오 기반 GSC 부호화를
위한 프레임 패킹 구조

그림 3 은 두번째 비디오에서 SH AC 속성(f_{rest})의 비트 깊이값(bd_1)을 8 비트로 하고 나머지는 10 비트로 생성한 YUV 영상을 보여주고 있다.

III. 실험결과

MPEG GSC 애드혹 그룹에서 사용되고 있는 GSC 레퍼런스 소프트웨어[3]를 사용하여, 그림 2 및 그림 3 에서의 프레임 패킹 포맷을 부호화하여 성능을 평가한 결과는 그림 4 에서와 같다. 3 개의 테스트 콘텐츠(Bartender, Breakfast, Cinema)를 대상으로 HEVC(HM13.0)로 부호화 및 복호화하여 테스트 뷰에서의 시점영상을 렌더링한 후, 입력 3DGS 파일(ply 포맷)을 렌더링한 영상과 비교한 결과, 평균적으로 RGB-PSNR 기준 16.2%의 BD-rate 이득을 얻을 수 있음을 알 수 있다.



Sequence	BD-rate RGB-PSNR
bartender_track	-23.7%
breakfast_track	-5.1%
cinema_track	-19.7%
Average	-16.2%

그림. 4. 본 논문에서 제안하는 프레임 패킹 비디오의
부호화 효율 비교 결과

III. 결론

본 논문에서는 비디오 기반 GSC 부호화에서 프레임 패킹 포맷을 사용할 때 부호화 효율을 향상시킬 수 있는 부호화 파라미터를 제안하고 실험결과를 소개하였다. 즉 프레임 패킹 포맷에서 양자화 간격이 넓어도 되는 속성영상들의 비트 깊이 값을 조정함으로써 부호화 효율이 향상될 수 있음을 실험을 통해 검증하였다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2022 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2018-0-00207, 이머시브미디어 전문연구실)

참 고 문 헌

- [1] Kerbl, B., Kopanas, G., Leimkuehler, T., Drettakis, G.: 3d gaussian splatting for real-time radiance field rendering. ACM Trans. on Graphics 42(4) (July 2023).
- [2] Sicheng Li, Yiyi Liao, Lu Yu, [GSC][JEE6.2-related] A Potential Video-based Anchor for Gaussian Splats Coding, ISO/IEC JTC1/SC29 WG4 Doc. m71763, Online, April 2025.
- [3] JEE 6.5 on 3DGS software, ISO/IEC JTC 1 SC29 WG 7 N01276, Daejeon, July, 2025.