

## V-PCC의 점유 맵 손실 압축 성능 평가

박종근, 김유라, 김현호, 김용환  
한국전자기술연구원 지능형영상처리연구센터

parkjg14@keti.re.kr, keyura@keti.re.kr, khh729@keti.re.kr, yonghwan@keti.re.kr

## Performance Evaluation of Lossy Compression to Occupancy Map in V-PCC

Jong-Geun Park, Yura Kim, Hyun-Ho Kim, Yong-Hwan Kim  
Intelligent Image Processing Research Center, Korea Electronics Technology Institute

## 요약

국제표준 3차원 포인트 클라우드 압축 기술인 MPEG(Moving Picture Experts Group)-I(Immersive) V-PCC(Video-based Point Cloud Compression)에는 점유 맵(Occupancy Map) 손실/무손실 압축 기술이 포함되어 있다. V-PCC는 기존에 보급되어 있는 2차원 비디오 코덱(H.264/AVC, HEVC, AV1 등)을 그대로 활용할 수 있는 장점이 있는데, 대부분의 소비자 영상 기기에 포함되어 있는 2차원 비디오 복호화기 HW는 무손실을 지원하지 않는다. 따라서 V-PCC 복호화기의 폭넓은 상용화를 위해서는 부호화기에서 점유 맵의 손실 압축이 필수적이다. 본 논문은 V-PCC 부호화기의 점유 맵을 최소한의 압축 효율 저하로 손실 압축하기 위해 다양한 파라미터 실험을 통한 최적의 파라미터 값을 제시한다.

## 1. 서론

메타버스(Metaverse) 시대가 도래 하면서 AR(Augmented Reality), VR(Virtual Reality), MR(Mixed Reality), XR(eXtended Reality) 기반의 3차원 콘텐츠 개발과 고용량 3차원 데이터를 효율적으로 전송하기 위한 3차원 영상압축 기술이 활발히 연구가 진행되고 있다.

국제 표준화기구인 MPEG(Moving Picture Experts Group)에서 2017년 포인트 클라우드 압축을 위한 Cfp(Call for Proposals)를 시작으로 PCC(Point Cloud Compression) 표준화가 진행되었다[1].

대표적인 3차원 포인트 클라우드 기반 영상압축에는 역동적 객체(Dynamic Objects)를 2차원 비디오 압축 기술로 영상을 압축하는 V-PCC(Video-based Point Cloud Compression), 기하 정보 기반으로 압축하는 MPEG-I G-PCC(Geometry-based Point Cloud Compression), 오픈 소스인 Google Draco, CWI(Centrum Wiskunde en Informatica)-PCL(Point Cloud Library)이 있다[2-3].

MPEG-I(Immersive) Part5의 V-PCC에는 점유 맵(Occupancy Map) 손실 및 무손실 압축 기술이 포함되어 있다. 대부분의 소비자 영상 기기에 2차원 비디오 복호화기 HW는 무손실 압축 스트림을 지원하지 않는다. 그래서 V-PCC 복호화기의 폭넓은 상용화를 위해 부호화기에서 점유 맵의 손실 압축이 필요하다.

본 논문은 점유 맵을 최소한의 압축 효율 저하로 손실 압축하기 위한 다양한 파라미터를 변경 실험과 D1(point-to-point), D2(point-to-plane), Luma에 대한 BD-TotalRate, RD(Rate Distortion)-Curve를 통해 성능을 파악하며 최적의 파라미터 값을 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 V-PCC 압축 기술에 대해 간단히 설명하고 3장은 실험 결과를 설명한다. 그리고 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

## 2. V-PCC 압축 기술 소개

3차원 포인트 클라우드는 V-PCC의 법선 추정 과정을 통해 구한 법선 벡터와 객체를 감싸는 옥면체의 평면 법선 벡터를 비교하여 각 포인트에 대한 최적의 투영면을 선정 후, 동일한 투영면을 가진 연속된 포인트들을 그룹으로 묶어서 3차원 패치들(patches)을 생성한다. 그리고 3차원 패치들을 2차원 패치들로 투영 후 이루어진 기하 이미지(Geometry Image), 속성 이미지(Attribute Image), 점유 맵에 대해 2차원 비디오 압축인 H.264/AVC, HEVC, AV1 등으로 압축을 하게 된다[4].

V-PCC는 세 가지 점유 맵 압축 모드를 지원한다.

- 1) 무손실 점유 맵(OccupancyPrecision = 1)의 무손실 2차원 비디오 압축: 주로 객체의 완전한 무손실 압축에 이용
- 2) 손실 점유 맵(OccupancyPrecision = 2, 4)의 무손실 2차원 비디오 압축: 표준 참조 SW인 TMC2 부호화기 CTC(Common Test Conditions)에서 사용
- 3) 무손실/손실 점유 맵(OccupancyPrecision = 1, 2, 4)의 손실 2차원 비디오 압축

본 논문에서는 위의 2) TMC2 CTC 조건에 비해 3) 손실 점유 맵의 손실 압축 효율이 최소한으로 떨어지는 파라미터들의 실험을 통해서 제시하고자 한다.

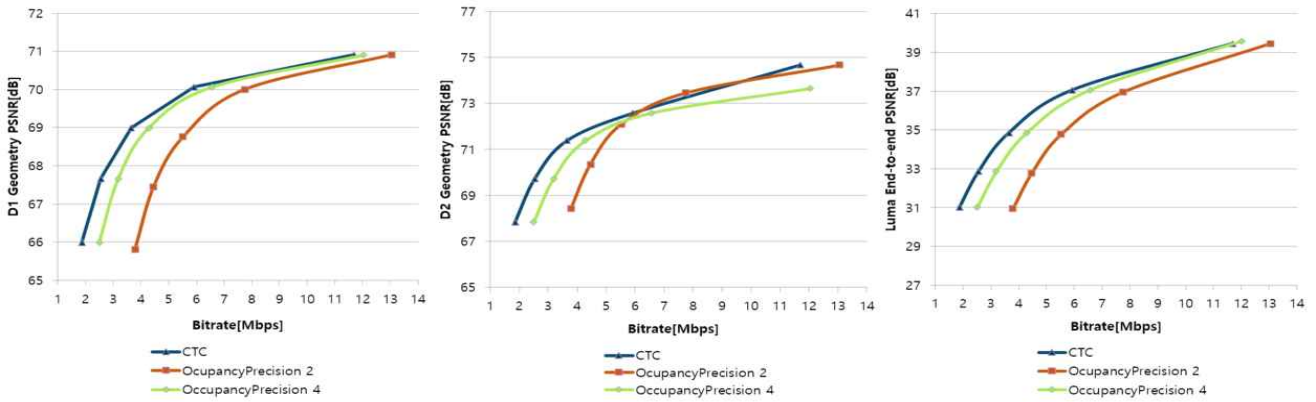


그림 1. OccupancyPrecision 변화에 따른 RedandBlack의 점유 맵 손실 압축 RD-Curve 비교

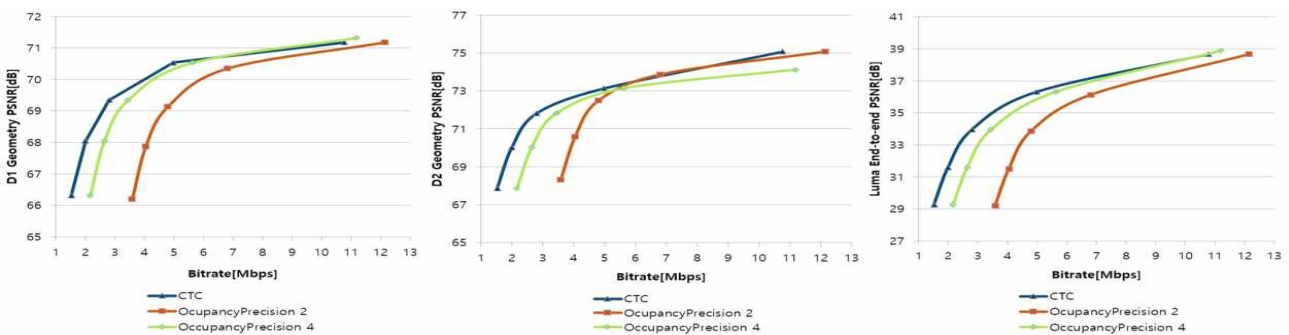


그림 2. OccupancyPrecision 변화에 따른 Soldier의 점유 맵 손실 압축 RD-Curve 비교

### 3. 실험 결과

3차원 포인트로 구성된 역동적 객체는 표 1과 같이 V-PCC 테스트 데이터 셋으로 실험을 하였으며, 실험 환경은 CPU Dual Intel Xeon@ CPU Gold 6136 3.00GHz, RAM 128GB, Windows 10 Pro이다. 실험에 사용된 V-PCC 표준 참조 소프트웨어는 TMC(Test Model Category) 2 Version 15.0이며, RA(Random Access)[5] 설정으로 실험하였다. TMC2 Version 15.0에서 점유 맵 손실 압축/복원 시 부호화기 및 복호화기가 제대로 동작되는 않는 버그를 수정하기 위해 원본 해상도의 점유 맵을 사용하도록 부호화기 및 복호화기를 각각 수정하였다.

표 1. V-PCC 테스트 데이터 셋

시퀀스	프레임 수	초당 프레임 수	프레임 당 평균 포인트 수
Loot	32	30	780,135
Redandblack	32	30	707,962
Soldier	32	30	1,060,866
Queen	32	50	1,006,551
Longdress	32	30	791,012

V-PCC 점유 맵 파라미터는 점유 맵의 해상도를 결정하는 OccupancyPrecision, 원래 이진값(0 또는 1)을 비 이진값으로 변경하기 위해 곱해주는 값인 OffsetLossyOM, 점유 맵의 양자화 파라미터 OccupancyMapQP, 복호화기에서 점유 맵의 비 이진값을 이진값으로

변환하기 위한 임계치 ThresholdLossyOM이 있다. 여기에서 ThresholdLossyOM은 별도로 복호화기로 전송해줘야 하는 정보이다.

표 2와 같이 파라미터 값을 각각 변경하여 실험을 진행하였고, D1, D2, Luma에 대한 BD-TotalRate를 통해 객관적인 성능평가를 하였다 [6-8].

표 2. 점유 맵 파라미터

파라미터	파라미터 변경 값
OccupancyPrecision	2, 4
OffsetLossyOM	50, 55, 60, 65, 70
OccupancyMapQP	28, 32, 36, 40, 44
ThresholdLossyOM	20, 25, 30

그림 1과 2는 ThresholdLossyOM=25, OccupancyMapQP=36, OffsetLossyOM=65에서 OccupancyPrecision 변화에 따른 RD-Curve이다. 동일한 비트율(bitrate)에서 PSNR(Peak Signal-to-Noise Ratio)을 비교하면 OccupancyPrecision=4에서 전반적으로 PSNR이 높았으며, D2는 고화질로 갈수록 OccupancyPrecision=2에서 PSNR이 높았다.

표 3은 점유 맵의 손실 압축 성능 비교로 OccupancyMapQP=28일 경우 OffsetLossyOM=60에서 평균 D1 15.45%, D2 17.63%, Luma 12.44%로 최소 손실을 보였다.

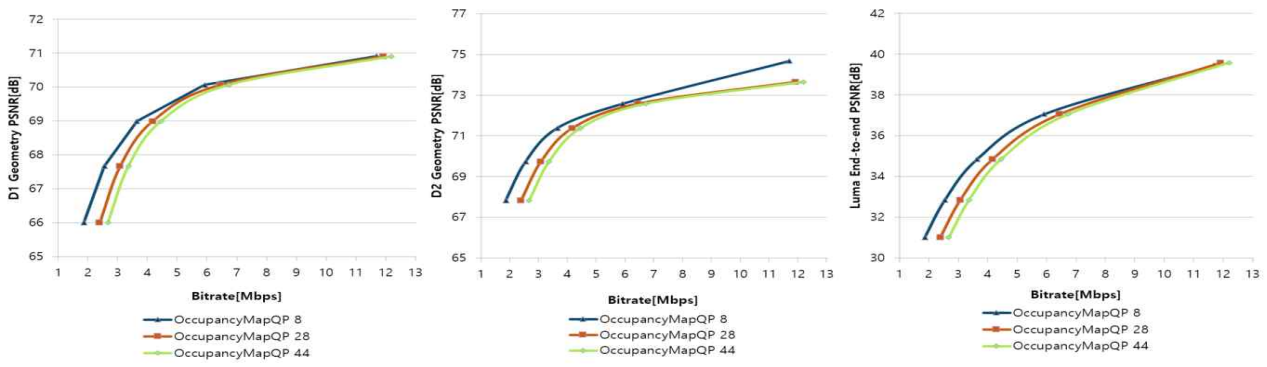


그림 3. OccupancyMapQP 변화에 따른 RedandBlack의 점유 맵 손실 압축 RD-Curve 비교

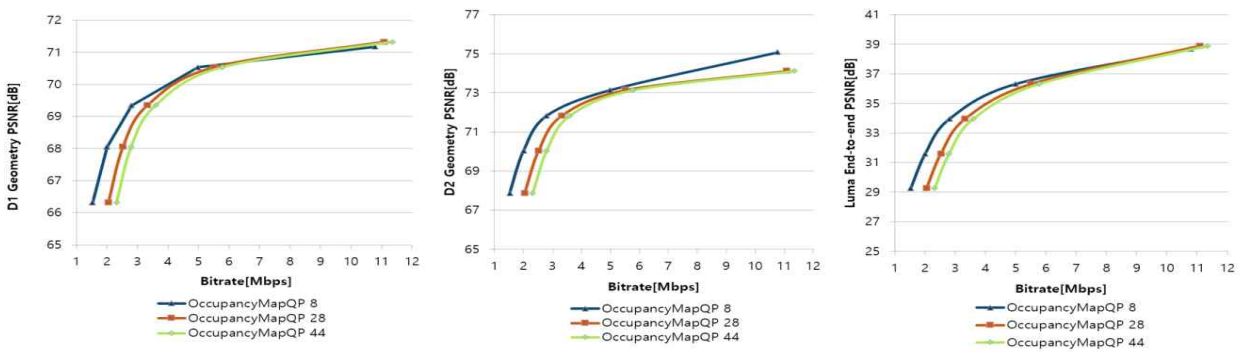


그림 4. OccupancyMapQP 변화에 따른 Soldier의 점유 맵 손실 압축 RD-Curve 비교

위의 동일한 조건에서 OccupancyMapQP=36일 때는 OffsetLossyOM=65에서 평균 D1 19.32%, D2 21.52%, Luma 15.73%로 최소 손실을 보이며, OccupancyMapQP= 32, 40, 44에서도 OffsetLossyOM=65가 최소의 BD-TotalRate 손실이 발생했다. 결과적으로 본 실험에서는 OccupancyPrecision=4, OccupancyMapQP=28, OffsetLossyOM=60, ThresholdLossyOM=25 일 때 최소의 부호화 효율 저하가 발생하였다.

그림 3과 4는 ThresholdLossyOM=25, OccupancyPrecision=4, OffsetLossyOM=65로 설정하여 OccupancyMapQP 변경에 따른 PSNR과 비트율(bitrate)을 비교하였다. OccupancyMapQP=8은 점유 맵 성능 비교 Anchor인 CTC의 RA 설정 값이고, 점유 맵의 무손실 비디오 압축이다. 그리고 ThresholdLossyOM=20, 25, 30으로 값을 변경하여 실험해도 점유 맵의 손실 압축 성능 차이는 없었다.

표 3. 점유 맵의 손실 압축 성능 비교

Sequence	ThresholdLossyOM=25, OccupancyPrecision=4, OccupancyMapQP=28														
	offsetLossyOM=50			offsetLossyOM=55			offsetLossyOM=60			offsetLossyOM=65			offsetLossyOM=70		
	Geom. BD-TotalRate[%]		Attr. BD-Total Rate[%]	Geom. BD-TotalRate[%]		Attr. BD-Total Rate[%]	Geom. BD-TotalRate[%]		Attr. BD-Total Rate[%]	Geom. BD-TotalRate[%]		Attr. BD-Total Rate[%]	Geom. BD-TotalRate[%]		Attr. BD-Total Rate[%]
D1	D2	Luma	D1	D2	Luma	D1	D2	Luma	D1	D2	Luma	D1	D2	Luma	
Loot	15.22	16.00	11.48	14.89	15.66	11.20	14.65	15.42	10.99	14.69	15.46	11.02	15.63	16.41	11.83
Redandblack	16.78	19.00	13.65	16.52	18.74	13.44	16.37	18.59	13.31	16.42	18.64	13.35	17.61	19.83	14.36
Soldier	20.80	23.94	17.85	20.55	23.69	17.63	20.40	23.54	17.51	20.45	23.59	17.55	22.19	25.35	19.04
Queen	16.01	17.71	12.61	15.81	17.51	12.43	15.70	17.40	12.33	15.74	17.44	12.37	17.05	18.75	13.53
Longdress	10.43	13.51	8.33	10.21	13.29	8.16	10.11	13.19	8.08	10.09	13.17	8.07	10.91	13.98	8.69
Average	15.85	18.03	12.78	15.60	17.78	12.57	15.45	17.63	12.44	15.48	17.66	12.47	16.68	18.86	13.49
Sequence	ThresholdLossyOM=25, OccupancyPrecision=4, OccupancyMapQP=36														
	offsetLossyOM=50			offsetLossyOM=55			offsetLossyOM=60			offsetLossyOM=65			offsetLossyOM=70		
	Geom. BD-TotalRate[%]		Attr. BD-Total Rate[%]	Geom. BD-TotalRate[%]		Attr. BD-Total Rate[%]	Geom. BD-TotalRate[%]		Attr. BD-Total Rate[%]	Geom. BD-TotalRate[%]		Attr. BD-Total Rate[%]	Geom. BD-TotalRate[%]		Attr. BD-Total Rate[%]
D1	D2	Luma	D1	D2	Luma	D1	D2	Luma	D1	D2	Luma	D1	D2	Luma	
Loot	22.33	23.12	17.57	20.51	21.30	16.01	20.17	20.96	15.72	19.83	20.62	15.43	21.51	22.30	16.87
Redandblack	21.50	23.76	17.65	20.51	22.77	16.81	20.15	22.41	16.51	19.97	22.22	16.35	24.47	23.73	17.62
Soldier	26.87	30.09	23.06	25.67	28.88	22.03	25.39	28.59	21.79	24.88	28.07	21.35	27.43	30.66	23.54
Queen	20.91	22.63	16.95	19.79	21.51	15.96	19.49	21.20	15.69	19.26	20.97	15.48	22.64	16.96	16.57
Longdress	16.61	16.61	10.72	12.92	15.96	10.22	12.79	15.83	10.12	12.68	15.73	10.04	13.65	16.69	10.78
Average	21.04	23.24	17.19	19.88	22.08	16.21	19.60	21.80	15.97	19.32	21.52	15.73	21.00	23.20	17.15

#### 4. 결론

V-PCC 부호화기에서 점유 맵을 손실 압축하기 위해 다양한 파라미터 실험을 통해 OccupancyMapQP=28에는 OffsetLossyOM=60, OccupancyMapQP=32, 36, 40, 44에서는 OffsetLossyOM=65가 최소의 BD-TotalRate 손실이 발생하여 최적의 파라미터 값으로 판단된다. 또한 OccupancyPrecision=4일 때 전반적으로 성능이 우수하였다.

#### ACKNOWLEDGEMENT

이 논문은 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2020-0-00920.(세부2) 중 대형 공간용 초고해상도 비정형 플렌옵틱 영상 저장/압축/전송 기술 개발)

#### 참 고 문 헌

- [1] Pcc Test Model Category 2v0, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N17248, Macau, China October 2017.
- [2] Google Draco. <https://google.github.io/draco/>
- [3] CWI-PCL. <https://github.com/cwi-dis/cwi-pcl-codec/>
- [4] V-PCC Codec Decsription, ISO/IEC JTC 1/SC29/WG11 Doc.N19332, Alphach, April, 2020.
- [5] Common test conditions for point cloud compression, ISO/IEC JTC1/SC29 WG11 Doc.N19324, Alphach, April 2020.
- [6] [V-PCC] On occupancy map compression, ISO/IEC JTC1/SC29 WG11 Doc.m46049, Marrakech, MA, January 2019.
- [7] [V-PCC] Report on Core Experiment CE 2.9 on lossy occupancy map coding, ISO/IEC JTC1/SC29 WG11 Doc.m47537, Geneva, CH, March 2019.
- [8] [V-PCC] Adaptive selection of occupancy map precision, ISO/IEC JTC1/SC29 WG11 Doc.m46132, Marrakech, MA, January 2019.