

3차원 Manifesto 기반 3D Point Cloud Data의 ROI 전송 지원 방안

임지현^{*†}·김준식^{*}·유성열^{*}·김희정^{**}·김상일^{***}·김규현^{*}

^{*†}경희대학교 전자공학과, ^{**}경희대학교 미디어랩, ^{***}서울예술대학교 영상학부

Supporting ROI transmission of 3D Point Cloud Data based on 3D Manifesto

Jiehon Im^{*†}, Junsik Kim^{*}, Sungryeul Rhyu^{*}, Hoejung Kim^{**},
Sang IL Kim^{***} and Kyuheon Kim^{*}

^{*†}Department of Electronics Engineering, Kyung Hee University,

^{**} Medialab, Kyung Hee University, ^{***} School of Media, Seoul Institute of the Arts

ABSTRACT

Recently, the emergence of 3D cameras, 3D scanners and various cameras including Lidar is expected to be applied to applications such as AR, VR, and autonomous mobile vehicles that deal with 3D data. In Particular, the 3D point cloud data consisting of tens to hundreds of thousands of 3D points is rapidly increased in capacity compared with 2D data, Efficient encoding / decoding technology for smooth service within a limited bandwidth, and efficient service provision technology for differentiating the area of interest and the surrounding area are needed. In this paper, we propose a new quality parameter considering characteristics of 3D point cloud instead of quality change based on assumed video codec in MPEG V-PCC used in 3D point cloud compression, 3D Grid division method and representation for selectively transmitting 3D point clouds according to user's area of interest, and propose a new 3D Manifesto. By using the proposed technique, it is possible to generate more bitrate images, and it is confirmed that the efficiency of network, decoder, and renderer can be increased while selectively transmitting as needed.

Key Words : Point Cloud, MPEG V-PCC, MPEG-DASH-SRD, LOD

1. 서 론

최근 3차원 데이터를 획득하는 3차원 스캐닝 장비의 발달로 3차원 데이터를 다루는 AR/VR(Augmented Reality/Virtual Reality), 자율주행 자동차 등의 응용분야에 관심과 연구가 지속되고 있으며, 저장장치의 가격하락과 함께 3차원 데이터의 용량이 급격히 증가하고 있다. 특히 3D 포인트 클라우드(Point Cloud)는 의료영상, 구조물, 3D 인쇄, 제조, 3D 게임 및 다양한 가상현실 응용프로그램을 비롯

한 다양한 분야에서 3D 모델링에 사용되는 3D 메쉬 및 기타 모델을 만드는 데 사용된다. 일반적으로 3D포인트 클라우드의 하나의 객체를 표현하기 위하여 수만에서 수십만 개의 3차원 포인트(Point) 데이터가 필요하며, 각 포인트 데이터는 3차원 좌표계의 (x, y, z)좌표와 포인트의 색(color) 또는 반사율(reflectance) 등과 같은 속성(attribute)으로 구성되어 있다. 따라서 기존 2D영상보다 한 단계 높은 차원과 다양한 속성으로 구성된 포인트 클라우드를 사용자에게 제공하기 위해서는 고효율의 부호화/복호화 기술 연구가 요구된다. 현재 국제표준 기구인 MPEG의 MPEG-I (Moving Picture Expert Group – Immersive)그룹에서는 PCC(Point

[†]E-mail: dlwlgjs1780@khu.ac.kr

Cloud Compression)기술의 표준화를 진행하고 있다. 이 표준화 그룹에서는 3D 포인트 클라우드 데이터의 특성에 따라 총 3가지의 카테고리(category)로 나누었으며, 첫 번째 카테고리는 static point cloud 데이터, 두 번째 카테고리는 dynamic point cloud 데이터, 세 번째 카테고리는 dynamic acquired point cloud 데이터이다. 이 중 V-PCC(Video based Point Cloud Compression)[1]는 두 번째 카테고리를 대상으로 3D 포인트 클라우드를 2D 공간으로 투영하여 2D 영상을 생성하고, H.264/AVC(Advanced Video Coding), HEVC(High efficiency Video Coding)와 같은 기존 비디오 코덱(Video Codec)을 이용한 부호화/복호화를 수행하고 있다.

한편 미디어의 발전에 발맞춰 멀티미디어 플랫폼 기술 또한 발전 했다. 최근에는 360도 동영상, 가상현실과 같은 새로운 동영상 서비스가 대중적으로 자리잡고 있다. 하지만 아직 까지 8K(SUHD)급 이상의 고해상도와 높은 비트 레이트(Bitrate)를 가지는 미디어를 제공하기에는 만족스럽지 못한 측면이 있다[2]. 이를 해결하기 위해서 HEVC 등의 초고효율 분할 압축과, MPEG-DASH(Dynamic Adaptive Streaming over HTTP)-SRD(Spatial Relationship Description)[3]과 같이 대용량의 미디어 스트리밍 서비스 제공 시 사용자의 관심 영역(ROI, Region Of Interest)에 따라 부분 영역을 선별적으로 전송하는 분할 영상 스트리밍(Tiled Video Streaming) 연구가 활발하게 이루어 지고 있다[4].

본 논문에서는 MPEG V-PCC 에서 상정하고 있는 비디오 코덱 기반 품질 변화[5] 이외에 3D 포인트 클라우드의 특성을 고려한 새로운 품질 변화를 제시한다. 또한 3D 포인트 클라우드를 사용자의 관심 영역에 따라 선별적으로 전송 하기 위한 3D 영역의 분할 방법과 표현, MPEG-

DASH SRD에 3D미디어를 지원하기 위한 추가로 필요한 새로운 파라미터(Parameter)를 제안한다. 그리고 제안하는 품질 변화와, 파라미터가 포함된 3차원 Manifesto를 구현하고 테스트를 통해 잘 지원됨을 확인한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안하는 방안과 관련된 배경 기술인 MPEG V-PCC와 HTTP 기반의 Adaptive Streaming 기술인 MPEG-DASH-SRD대하여 알아본다. 3장에서는 본 논문에서 제안하는 3차원 Manifesto 기반 Point Cloud Data의 ROI 전송 지원 방안을 설명하고 이를 위한 기존 기술에 대한 추가 연구를 설명한다. 4장에서는 제안된 방법의 실험결과를 도출하고 이를 분석한다. 5장에서는 본 기술에 대한 영향력과 결론을 도출한다.

2. 관련 연구

본 장에서는 본 논문에서 제안하는 방안이 사용되는 기존의 기술들을 차례대로 설명한다.

2.1 MPEG V-PCC

본 절에서는 본 논문에서 제안하는 방안이 적용되는 MPEG V-PCC[1]에 대하여 설명한다.

Fig 1은 MPEG-I PCC 그룹에서 진행 중인 V-PCC 인코더 구조이다. 우선 인코더는 입력되는 3D 포인트 클라우드를 2D 공간으로 투영하여 패치(Patch)를 생성하는 것으로 시작된다. 이 과정은 매끄러운 경계면을 가진 최소 수의 패치로 분해하는 동시에 재구성(Reconstruct) 오류를 최소화하는 것을 목표로 한다. 이 때 복호화에 필요한 각 패치의 투영 평면 정보, 패치 크기와 같은 auxiliary patch

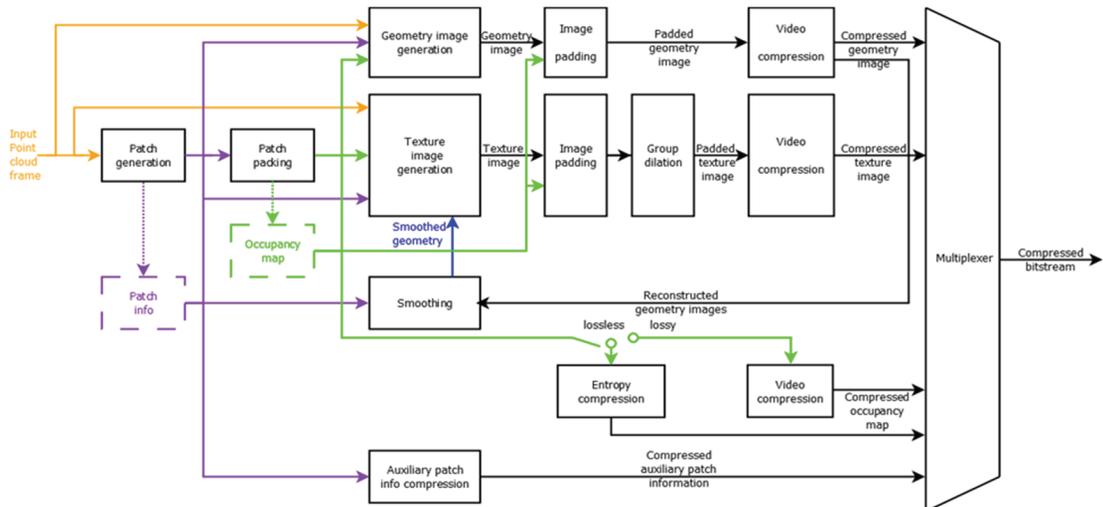


Fig. 1. V-PCC encoding structure.

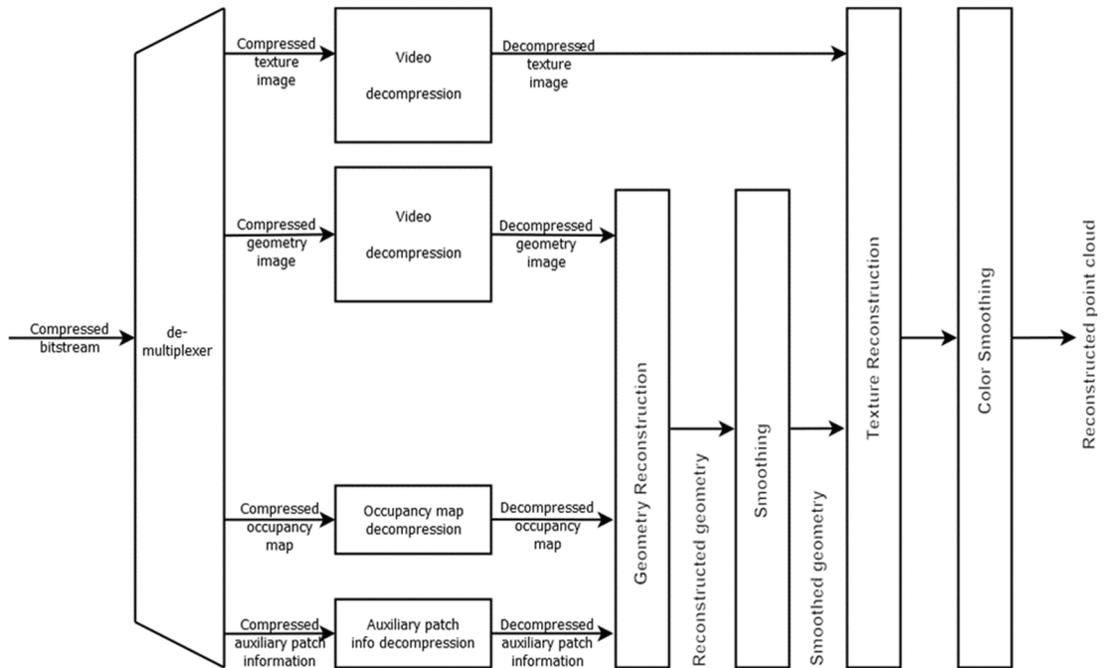


Fig. 2. V-PCC decoding structure.

information을 생성하며, 생성된 패치들을 2차원 평면에 packing 하면서 각 픽셀(pixel)에 대하여 포인트의 존재 여부를 binary map으로 나타낸 occupancy map을 생성한다. 또한 포인트가 존재하는 픽셀에 대하여 포인트가 갖는 기하(geometry) 정보, 색상(texture) 정보를 나누어 각각 기하 영상과 텍스처 영상을 생성한다. 생성된 auxiliary patch information과 occupancy map은 entropy coding하여 부호화 하며 기하 정보, 색상 정보를 담고 있는 2D영상은 기존 비디오 코덱을 사용하여 부호화를 한다.

Fig. 2는 MPEG-I PCC 그룹에서 진행 중인 V-PCC 디코더 구조이다. 우선 기존 비디오 코덱을 사용하여 부호화된 기하 영상을 복호화하고 occupancy map과 auxiliary patch information를 이용하여 3D 포인트의 기하 정보를 재구성한다. 이후 부호화된 텍스처 영상을 복호화하여 각 포인트에 색상 정보를 넣어 최종 3D 포인트 클라우드를 재구성한다.

부호화/복호화 과정에서 모두 2D영상이 생성되며 기존 비디오 코덱을 사용하기 때문에 MPEG V-PCC는 비디오 코덱 기반 양자화 계수(QP: Quantization Parameter) 변경만을 통하여 영상의 품질 변화를 주어 비트레이트 변경을 지원한다.

이에 본 논문에서는 3차원 미디어인 3D 포인트 클라우드의 3D 공간 내 포인트 간의 밀도를 변경하여 V-PCC내

새로운 품질 변화를 달성하고 비트레이트 변경을 추가 지원하는 방법을 제시하였다.

2.2 MPEG-DASH-SRD

본 절에서는 본 논문에서 제안하는 방안이 적용되는 MPEG-DASH-SRD[2]에 대하여 설명한다.

MPEG은 HTTP 기반의 네트워크 환경에서 적응적 스트리밍 서비스를 제공할 수 있도록 DASH를 제정했으며, DASH-SRD는 DASH에서 영상의 공간 상관 정보를 기술하여 확장한 표준기술이다. DASH-SRD는 고해상도의 영상을 타일(Tile) 형태로 잘라서 저품질, 고품질의 타일을 공간에 따라 혼용 배치하여 사용이 가능하도록 한 것으로 사용자의 관심 영역에 해당하는 타일은 고품질로, 나머지 영역은 저품질로 스트리밍 할 수 있다. 또한 분할된 타일은 다수의 단말에 스트리밍하는 것이 가능하기 때문에 다수의 스크린을 조합하여 고해상도 콘텐츠를 제공하는 것이 가능하다. DASH-SRD 또한 HTTP를 기반으로 동작하기 때문에 플랫폼 독립적으로 스트리밍이 가능하며 네트워크 및 단말의 특성에 따라 해상도와 콘텐츠 비트레이트 조절이 쉽게 가능하다. 따라서, 사람에게는 고품질의 비디오 서비스로 제공하면서, 네트워크(Network), 디코더(Decoder), 렌더러(Renderer)의 효율을 높일 수 있는 기술로 주목 받고 있다.

하지만 기존 MPEG-DASH-SRD 연구에서는 2D 영상의 분할 및 스트리밍 기법을 제시하고 있으나 3차원 미디어에 대한 고찰은 충분히 이루어지지 않았다.

이에 본 논문에서는 MPEG-DASH-SRD 기술의 3차원 미디어 적용을 위한 고찰을 수행하고, 이를 위한 새로운 파라미터를 제시하고 실험하였다.

3.3차원 Manifesto 기반 3D Point Cloud Data의 사용자 관심 영역 전송

본 장에서는 2장에서 설명한 관련 연구를 배경으로 하여 V-PCC내 새로운 품질 변화를 달성하고 비트레이트 변경을 추가 지원하는 방법을 제시하고, 이를 포함한 새롭게 제안하는 3차원 Manifesto를 기반으로 3차원 포인트 클라우드의 사용자 관심 영역 전송을 지원하기 위한 방법을 설명한다.

3.1 LOD 제어 테이블을 통한 LOD 변화

본 절에서는 본 논문에서 새롭게 제안하는 V-PCC에서의 3D 공간 내 포인트 간의 밀도를 변경하는 LOD(Level Of Detail) 변화 방법에 대하여 설명한다.

비디오 코덱을 기반으로 하는 V-PCC는 3D 포인트 클라우드를 입력으로 하며 이를 2D 영상으로 만들어 압축을 하기 때문에 앞서 말한 비디오 코덱 기반 양자화 계수 변경과 3D 공간 내 포인트의 밀도 변경을 통한 비트레이트 변경 모두를 지원할 수 있다.

하지만 3D 공간 내 포인트의 밀도를 변경하게 되면 3D 포인트간 거리가 멀어지게 되고 V-PCC 내 패치를 추출하여 2D 영상을 만드는 과정에서 너무 많은 패치가 추출되며, 2D 영상 내에 빈 공간이 많이 생겨 비디오 코덱을 기반으로 압축 시 고주파가 증가하게 되는 문제가 발생한다.

본 논문에서 이 문제를 해결하기 위하여 제안하는 구조도는 다음과 같다.

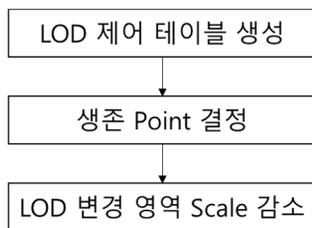


Fig. 3. Structure of LOD change.

각 항에서는 Fig. 3에서 제안하는 구조도에서 사용하는 모듈을 차례대로 설명한다.

3.1.1 LOD 제어 테이블 생성 모듈

본 항의 LOD 제어 테이블 생성 모듈은 3D 포인트 클라우드의 LOD변경을 위하여 사용되는 테이블을 생성하는 모듈이다. LOD 제어 테이블을 사용하면 3D 포인트 클라우드를 복원 시 포인트의 정확한 위치를 찾을 수 있다.

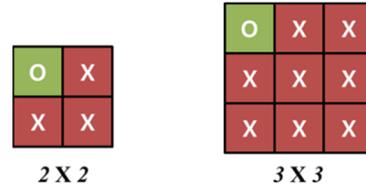


Fig. 4. Examples of LOD control table.

LOD 제어 테이블의 모양에 따라 LOD 변경과 복원 과정이 다양하고 복잡할 수 있기 때문에 본 논문에서는 Fig. 4와 같이 LOD 제어 테이블을 제안한다. 제안하는 LOD 제어 테이블은 정사각형이며 제어 테이블 내 오직 한 점만이 O를 나타낸다. LOD 제어 테이블 내 O, X의 표시는 포인트의 생존 여부를 결정한다.

3.1.2 생존 Point 결정 모듈

본 항의 2차원 영역 LOD 변경 모듈은 1항에서 생성한 LOD 제어 테이블을 이용하여 실제 포인트의 생존 여부를 결정하는 모듈이다.

$$\begin{aligned} \text{Live point} &: \forall (p(u \text{ or } v) \% T) = 0 \text{ value index} \\ \text{Dead point} &: \exists (p(u \text{ or } v) \% T) = X \text{ value index} \end{aligned}$$

Fig. 5. A formula for calculation surviving points.

Fig. 5는 LOD 제어 테이블을 이용하여 살아남는 포인트를 계산하는 식으로, T는 LOD 제어 테이블 한 번의 크기이며, p(u,v)는 3D 포인트가 패치로 추출 될 때 갖는 2D 좌표이다.

3.1.3 LOD 변경 영역 Scale 감소 모듈

본 항의 LOD 변경 영역 스케일(Scale) 감소 모듈은 2항에서 2차원 영역 LOD 변경 모듈로 인하여 사라진 포인트들에 생성된 빈 공간을 없애기 위하여 스케일을 감소시키는 모듈이다.

$$L(u',v') = p(u,v) / T$$

Fig. 6. A formula for calculation surviving points location.

Fig 6은 살아남는 포인트 의 좌표를 계산하는 식으로, 제안하는 과정을 통하여 LOD가 변경된 영역은 스케일의 감소가 일어나게 되면서 사라진 포인트들의 빈 공간이 함께 사라지게 된다.

3.2.3 차원 영역 분할 방법 및 표현

본 절에서는 3D 포인트 클라우드의 영역을 분할 및 표현하는 방법을 설명한다.

본 논문에서는 3D 포인트 클라우드의 영역 분할 방법을 정적 영역(Static Grid) 선택 방법과 동적 영역(Dynamic Grid) 선택 방법 2가지로 제안하며, Fig 7은 각 분할 방법의 예시이다.



Fig. 7. Example of Static grid and Dynamic grid.

Fig 7의 왼쪽은 정적 영역 분할 방법으로 3D 포인트 클라우드의 전체 영역을 일정한 비율로 나누는 방법이며, 분할된 영역은 모두 같은 크기를 가진다. Fig 7의 오른쪽은 동적 영역 분할 방법으로 사용자의 관심 영역이나 3D 포인트 클라우드의 특징에 따라 영역을 선택하는 방법이며, 분할된 영역은 서로 다른 크기의 크기를 가질 수 있다. Fig 8, 9는 각 영역 분할 방법을 표현하는 파라미터이다.

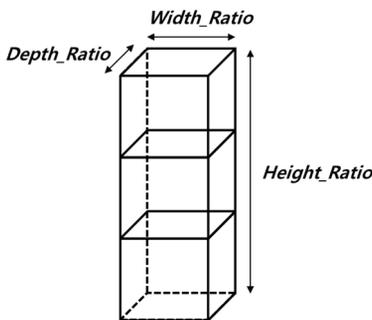


Fig. 8. Parameters of Static grid.

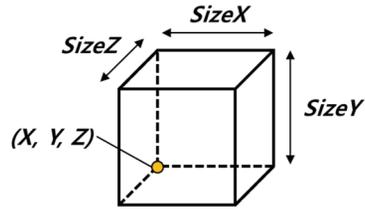


Fig. 9. Parameters of Dynamic grid.

Fig 8은 정적 영역 분할 방법에 필요한 파라미터를 나타낸 것으로, 정적 영역 선택 방법은 각 축(axis)의 분할 비율을 명시하는 파라미터가 정의된다. Fig 9는 동적 영역 분할 방법에 필요한 파라미터를 나타낸 것으로, 각 영역의 기준이 되는 좌표와 영역의 크기를 명시하는 파라미터가 정의된다.

3.3.3 차원 Manifesto 생성

본 절에서는 본 논문에서 새롭게 제안하는 3D 포인트 클라우드의 3차원 Manifesto를 생성하는 방법에 대하여 설명한다.

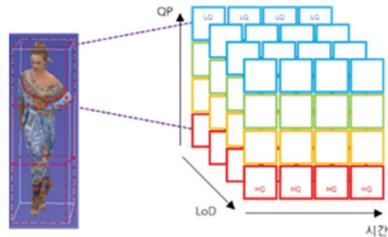


Fig. 10. 3 Dimensional Manifesto.

3차원 Manifesto에는 3장 2절에서 설명한 3D 영역 분할 방법을 선택하여 영역 명시에 필요한 파라미터를 포함하며, 기존 2D 영상의 Manifesto에 사용되는 비디오 코덱 기반 양자화 계수 변경을 통한 품질 정보와 앞서 3장 1절에서 새롭게 제안한 LOD 제어 테이블 기반 포인트 밀도 변경을 통한 품질 정보를 모두 포함하고 있어 Fig 10과 같이 3D 포인트 클라우드를 지원하기 위한Manifesto는 3차원의 모양이 도식화 된다.

4. 실험 결과

본 논문에서 제안하는 LOD 변경 방법과, 영역분할 방법은 MPEG-I PCC 그룹에서 제공하는 V-PCC Test model Category 2 v3(TMC2v3)에 구현하고, CTC(Common Test Condition)

[6]에서 실험하였으며, 3차원 Manifesto를 적용할 수 있는 DASH-SRD를 구현하여 테스트 하였다.

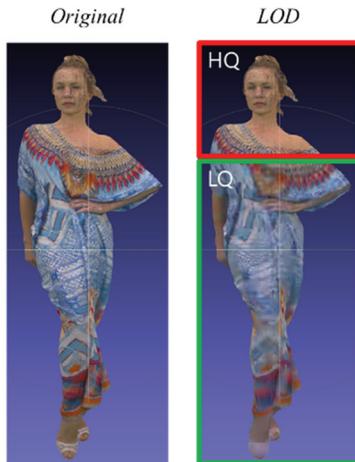


Fig. 11. Original Point Cloud vs. LOD applied Point Cloud.

Fig. 11은 앞서 말한 환경과 조건에서 실제 포인트 클라우드를 스트리밍한 결과이다. 사용자의 관심 영역(붉은색 영역)은 원본의 LOD와 같은 영상을, 초록색 영역은 원본의 LOD 보다 낮은 영상을 이용해 재구성된 것으로, 서버측티브 테스트 결과 초록색 영역은 원본 포인트 클라우드보다 품질이 떨어진 것을 확인할 수 있었으며, 사용자 관심 영역에 따라 선별적으로 전송할 수 있음을 확인할 수 있었다.

5. 결 론

본 논문에서는 MPEG V-PCC 에서 상정하고 있는 비디오 코덱 기반 품질 변화 이외에 3D 포인트 클라우드의 특성을 고려한 새로운 품질 변환인 LOD를 제시하였으며, 3D 포인트 클라우드를 사용자의 관심 영역과 주변 영역을 차별적으로 전송 하기 위한 3D 영역의 분할 방법 및 표현, 이를 지원하기 위한 3차원 Manifesto를 제안하였다.

본 논문의 제안 기술을 활용 시 MPEG V-PCC에서 3D 포인트 클라우드를 사용자의 관심 영역에 따라 제안하는 LOD라는 품질 정보를 추가하여 다양한 비트레이트를 가

지는 영상을 생성할 수 있으며, 필요에 따라 선별적으로 전송하면서 네트워크(Network), 디코더(Decoder), 렌더러(Render)의 효율을 높일 수 있음을 확인하였다.

감사의 글

이 논문은 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2017-0-00224, UHD 방송콘텐츠 기반 지능형 Dynamic Media 생성, 분해 및 소비 기술 개발).

참고문헌

1. ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 Doc. MPEG2018/N17767, PCC Test Model Cat2, Ljubljana, July 2018.
2. Afshin Taghavi Nasrabadi, Anahita Mahzari, Joseph D. Beshay, Ravi Prakash, "Adaptive 360-Degree Video Streaming using Scalable Video Coding," *Proceedings of the 2017 ACM on Multimedia, Conference*, New York, USA, pp. 1689-1697, 2017.
3. O.A. Niamut, E. Thomas, L. D'Acunto, C. Concolato, F. Denoual, and S.Y. Lim, "MPEG DASH SRD-Spatial Relationship Description," *MMSys '16 Proceedings of the 7th International Conference on Multimedia Systems*, No. 5, May 2016.
4. Hyun-Wook Kim, Jin-Wook Yang, Young-Whoo Kim, Sang-Pil Yoon, Eun-Kyung Cho, Woo-Chool Park. "Implementation of MPEG-DASH-SRD based Live Streaming Server," *Conference of the Institute of Electronics and Information Engineers*, pp. 992-993, 2017
5. ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 Doc. MPEG2018/N17353, Requirements for Point Cloud Compression, Gwangju, January, 2018.
6. ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 Doc. MPEG2018/N17766, Common test conditions for point cloud compression, Ljubljana, July, 2018.

접수일: 2018년 10월 31일, 심사일: 2018년 12월 13일, 게재확정일: 2018년 12월 20일