

일반논문 (Regular Paper)

방송공학회논문지 제24권 제5호, 2019년 9월 (JBE Vol. 24, No. 5, September 2019)

<https://doi.org/10.5909/JBE.2019.24.5.849>

ISSN 2287-9137 (Online) ISSN 1226-7953 (Print)

## 포인트 클라우드 콘텐츠의 밀도 스케일러빌리티를 지원하는 ROUTE/DASH-SRD 기반 영역 분할 전송 방법

김 두 환<sup>a)</sup>, 박 성 환<sup>a)</sup>, 김 규 현<sup>a)†</sup>

### ROUTE/DASH-SRD based Point Cloud Content Region Division Transfer and Density Scalability Supporting Method

Doohwan Kim<sup>a)</sup>, Seonghwan Park<sup>a)</sup>, and Kyuheon Kim<sup>a)†</sup>

#### 요 약

최근 컴퓨터 그래픽 기술과 영상 처리 기술의 발달로 현실의 공간 및 물체 정보를 3차원 데이터로 표현하는 포인트 클라우드 기술에 관한 관심이 증대되고 있다. 특히, 포인트 클라우드 기술은 공간 정보를 정밀하게 제공할 수 있어 AR (Augmented Reality)/VR (Virtual Reality), 자율 주행 자동차 분야 등 높은 관심을 받고 있다. 그러나 기존의 2차원 영상보다 많은 데이터가 필요로 되는 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 사용자에게 서비스하기 위해서는 다양한 기술 개발이 요구된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 국제 표준화 기구인 MPEG (Moving Picture Experts Group)에서는 효율적인 압축 및 전송 방법에 대해 논의를 진행 중이다. 본 논문에서는 기존의 MPEG-DASH (Dynamic Adaptive Streaming over HTTP)-SRD (Spatial Relationship Description) 기술의 확장을 통해 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 영역 분할 전송 방안을 제안하고, 네트워크 상황뿐 아니라 사용자의 요구에 따라 선택적으로 품질 파라미터를 결정할 수 있도록 MPEG-DASH 표준에서 정의한 시그널링 메시지에 품질 파라미터를 추가로 정의한다. 또한, ROUTE (Real time Object delivery Over Unidirectional Transport)/DASH 기반 이종망 환경의 검증플랫폼을 설계하고, 결과를 통해 제안한 기술의 타당성을 확인한다.

#### Abstract

Recent developments in computer graphics technology and image processing technology have increased interest in point cloud technology for inputting real space and object information as three-dimensional data. In particular, point cloud technology can accurately provide spatial information, and has attracted a great deal of interest in the field of autonomous vehicles and AR (Augmented Reality)/VR (Virtual Reality). However, in order to provide users with 3D point cloud contents that require more data than conventional 2D images, various technology developments are required. In order to solve these problems, an international standardization organization, MPEG(Moving Picture Experts Group), is in the process of discussing efficient compression and transmission schemes. In this paper, we provide a region division transfer method of 3D point cloud content through extension of existing MPEG-DASH (Dynamic Adaptive Streaming over HTTP)-SRD (Spatial Relationship Description) technology, quality parameters are further defined in the signaling message so that the quality parameters can be selectively determined according to the user's request. We also design a verification platform for ROUTE (Real Time Object Delivery Over Unidirectional Transport)/DASH based heterogeneous network environment and use the results to validate the proposed technology.

Keyword : V-PCC, DASH-SRD, MPD, ROUTE

Copyright © 2016 Korean Institute of Broadcast and Media Engineers. All rights reserved.

“This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and not altered.”

## 1. 서론

최근 3차원 스캐닝 장비 및 다차원 카메라의 발달과 컴퓨터 그래픽 기술 및 영상 처리 기술의 발달로 현실 공간의 물체 정보를 입력으로 하는 포인트 클라우드 기술에 대한 관심이 증대되고 있다. 포인트 클라우드 기술은 산업뿐만 아니라 의료, 관광, 건축 등 다양한 분야에서 활용될 수 있어 세계적으로 다양한 크고 작은 기업 또는 연구기관에서 경쟁력을 확보하기 위해 포인트 클라우드 기술의 연구 및 개발을 진행 중이다<sup>[1]</sup>. 특히, 포인트 클라우드 기술은 공간 정보를 정밀하게 제공할 수 있다는 점에서 AR/VR, 자율주행 자동차 분야 등 다양한 분야에서 높은 관심을 받고 있다. 그러나 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 표현하기 위해서는 수많은 3차원 포인트가 필요하고, 2차원 영상에 비해 많은 양의 저장 공간을 요구한다. 따라서 포인트 클라우드 기술이 다양한 분야에서 활용되기 위해서는 방대한 크기의 데이터로부터 실시간으로 변화하는 정보를 3차원 공간 정보를 통해 추출하고, 고효율의 압축 및 전송을 통해 업데이트하는 방안이 요구되고 있다<sup>[2]</sup>. 이러한 이유로, 국제 표준화 기구인 MPEG에서는 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 포인트의 특성에 따라 카테고리별로 나누고, 효율적으로 압축하기 위한 연구와 더불어 저장 및 전송에 대한 기술 연구를 진행하고 있다. 이 중 V-PCC (Video based Point Cloud Compression)는 동적 포인트를 대상으로 2차원 공간으로 프로젝션(projection)하고, 프로젝션된 2차원

영상으로 구성된 비디오 시퀀스를 기존의 비디오 코덱을 기반으로 부호화하는 방안으로<sup>[3]</sup>, 다양한 품질의 콘텐츠를 지원하기 위해 비디오 코덱 기반의 품질 파라미터뿐 아니라, 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 포인트 밀도를 조절하는 품질 파라미터를 지원하고 있다. 또한, V-PCC 부호화기를 통해 생성된 V-PCC 비트스트림은 파일 포맷 표준인 MPEG-ISOBMMF (ISO Base Media File Format)를 통한 저장을 고려하고 있으며<sup>[4][5]</sup>, V-PCC 비트스트림을 사용자에게 전송하는 방안에 대해서는 연구를 진행 중이다<sup>[6]</sup>. 따라서 본 논문에서는 네트워크 기술의 발달로 통신망을 활용한 고품질 콘텐츠의 전송이 가능해짐에 따라, 방송망과 통신망 기반의 이중망 환경에서 MPEG-DASH의 확장 표준인 DASH-SRD를 활용한 영역별로 분할 전송하는 방안에 대해 제안한다. 또한, 동일한 네트워크 상황에서 단말에 따라 사용자가 중요시하는 품질 파라미터가 다르므로 사용자의 요구에 맞는 콘텐츠가 선택될 수 있도록 MPEG-DASH 표준에서 정의한 시그널링 메시지의 하위 요소에 V-PCC에서 상정하는 품질 파라미터들을 추가 정의한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 V-PCC 부호화기 및 복호기와 현재 V-PCC에서 상정하고 있는 품질 파라미터에 대해 간단하게 설명한다. 또한, V-PCC 비트스트림 기반의 DASH 세그먼트 구성 방안 및 3차원 좌표 정보를 포함한 시그널링 메시지에 대해 설명한다<sup>[6]</sup>. 그리고 본 논문에서 활용되는 영역 분할 전송 방안인 DASH-SRD와 검증 플랫폼의 전송 프로토콜인 ROUTE에 대해 설명한다. III장에서는 DASH-SRD 기술의 확장을 통해 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 영역별로 분할 전송하는 방안에 대해 설명한다. 또한, 사용자의 요구에 따라 선택적으로 품질 파라미터를 결정할 수 있도록 MPEG-DASH 표준에서 정의한 시그널링 메시지인 MPD (Media Presentation Description)의 하위 요소에 V-PCC에서 상정하고 있는 품질 파라미터에 대해 추가로 정의한다. IV장에서는 III장에서 제안된 기술을 기반으로 검증 플랫폼 구조도를 제안하고, 해당 검증 플랫폼을 통해 제안된 기술의 결과를 V장에서 기술한다. 마지막으로 VI장에서는 제안 기술을 기반으로 향후 포인트 클라우드 기술의 서비스를 위한 추가 연구 방향에 대해 논의한다.

a) 경희대학교 전자정보대학(Kyung Hee University Electronic Information University)

✉ Corresponding Author : 김규현(Kyuheon Kim)

E-mail: kyuheonkim@khu.ac.kr

Tel: +82-2-201-3810

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1553-936X>

※ 본 논문은 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신·방송 연구개발사업의 일환으로 수행하였음. [2017-0-00224, UHD 방송콘텐츠 기반 지능형 Dynamic Media 생성, 분배 및 소비 기술 개발]

※ This Paper was conducted as a part of the information communication and broadcasting research and development project of the future creation science department and information and communication technology promotion center. [2017-0-00224, Development of intelligent dynamic media based on UHD broadcasting contents, distribution and consumption technology]

· Manuscript received June 10, 2019; Revised July 9, 2019; Accepted July 9, 2019.

## II. 배경 기술

본 장에서는 본 논문에서 제안하는 방안의 배경기술인 V-PCC 부호화기 및 복호기와 현재 V-PCC에서 상정하고 있는 품질 파라미터들에 대해 간략하게 설명한다. 또한, V-PCC 비트스트림 기반으로 생성된 DASH 세그먼트 구성 방안 및 3차원 좌표 정보를 포함한 MPD에 대해 설명한다. 그리고 MPEG-DASH의 확장한 표준으로서, 영역 분할 전송 방안을 지원하는 DASH-SRD와 검증 플랫폼의 전송 프로토콜에 해당하는 ROUTE에 대해 설명한다.

### 1. V-PCC 부호화기/복호기 구조 및 품질 변화 지원 방안

MPEG-I PCC 그룹에서 제안한 V-PCC 부호화기 구조는

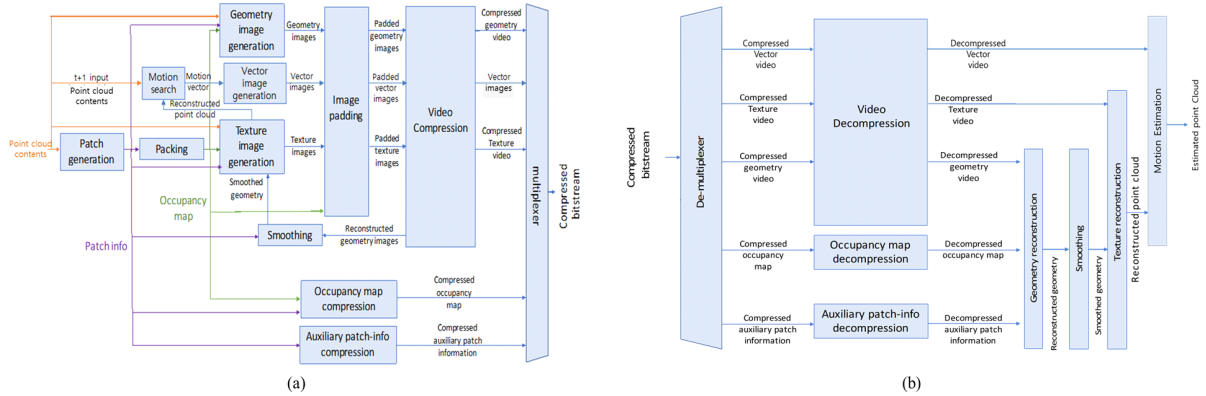


그림 1. (a) MPEG V-PCC 부호화기, (b) MPEG V-PCC 복호기

Fig. 1. (a) MPEG V-PCC encoder (b) MPEG V-PCC decoder

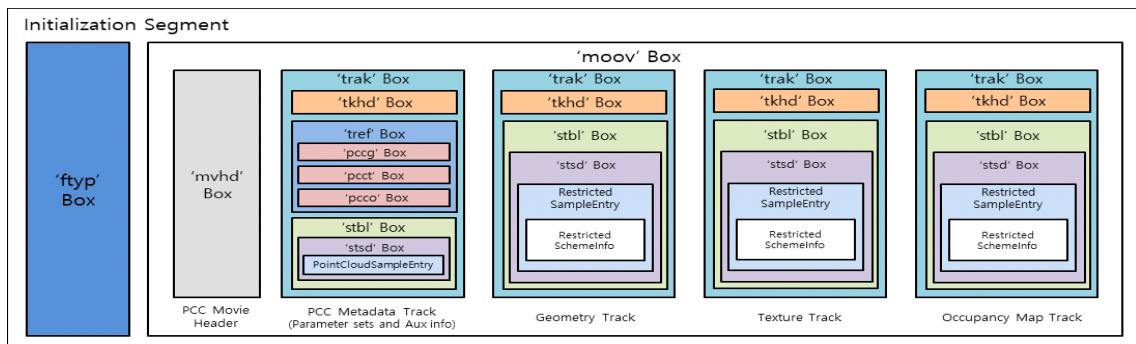


그림 2. V-PCC DASH 초기 세그먼트 구성 예시

Fig. 2. Example of V-PCC DASH initialization segment configuration

드 콘텐츠의 기하 정보를 재구성한다. 그리고 부호화된 색상 영상을 복호하여 최종적으로 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 재구성한다<sup>[3]</sup>.

현재 V-PCC는 다양한 품질의 콘텐츠를 지원하기 위해 기존 비디오 코덱 기반의 양자화 계수(QP: Quantization Parameter) 변경을 지원할 뿐만 아니라, 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 기하 정보를 정수로 나누어 3차원 공간 내 포인트 간의 밀도(LoD : Level of Detail)를 변경하는 방법을 지원한다. V-PCC에서 상정하고 있는 품질 파라미터인 QP는 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 정밀도를 조정하고, LoD는 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 절대적인 포인트의 개수를 조절한다.

## 2. V-PCC 비트스트림 기반 DASH 세그먼트 및 3차원 좌표 정보 지원 MPD

본 절에서는 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 입력으로 V-PCC 부호화기를 통해 생성된 V-PCC 비트스트림을 MPEG-DASH 표준에서 정의한 DASH 세그먼트로 구성하는 방안과 3차원 좌표 정보를 지원하는 MPD로 구성하기 위해 기존에 제안된 방안에 대해 설명한다. V-PCC 비트스트림 기반의 DASH 초기 세그먼트의 구조는 기존의 파일 포맷 표준인 MPEG-ISOBMFF의 확장을 통해 V-PCC 비트스트림의 부호화 파라미터를 고려한 구성 방안으로 <그림 2>와 같고<sup>[6]</sup>, 'ftyp' 박스와 'moov' 박스로 구성된다. 'ftyp' 박스는 파일 호환성 정보를 포함하고 major brand는 'msdh'

로 설정되며, compatible brands는 'volm'을 포함한다. 또한, 트랙별로 구성된 V-PCC 비트스트림의 관계 정보 및 부호화 정보를 포함하는 'moov' 박스는 PCC Metadata, Geometry, Texture, Occupancy map 'trak' 박스로 구성된다. PCC Metadata 'trak' 박스는 V-PCC 비트스트림 간의 관계 정보를 나타내는 'tref' 박스와 비트스트림의 부호화 정보 및 auxiliary patch information을 포함하는 Point cloud sample entry로 구성된다. 또한, Geometry, Texture, Occupancy map 'trak' 박스는 패치로 구성된 비디오 시퀀스 부호화 정보 및 패치 부호화 정보를 Restricted sample entry에 포함한다.

V-PCC 비트스트림 기반의 DASH 미디어 세그먼트 구조는 기존의 파일 포맷 표준인 MPEG-ISOBMFF의 확장을 통해 V-PCC 비트스트림의 부호화 데이터를 고려한 구성 방안으로 <그림 3>과 같고<sup>[6]</sup>, 'styp' 박스, 'moof' 박스, 'mdat' 박스로 구성된다. 'styp' 박스는 파일 호환성 정보를 포함하고 major brand는 'msdh'로 설정되며, compatible brands는 'volm'을 포함한다. 또한, 'moof' 박스는 각 부호화 비트스트림의 재생 정보를 포함하고, 'mdat' 박스는 기하 영상, 색상 영상, Occupancy map 데이터로 구성된다.

전송 프로토콜 MPEG-DASH를 기반으로 사용자에게 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 서비스하기 위해서는 기존 2차원 영상의 좌표 정보를 정의한 MPD의 하위요소에 깊이 정보 파라미터의 추가 정의가 요구되며, 기존에 제안된 깊이 정보 파라미터는 아래 <표 1>과 같다<sup>[6]</sup>.

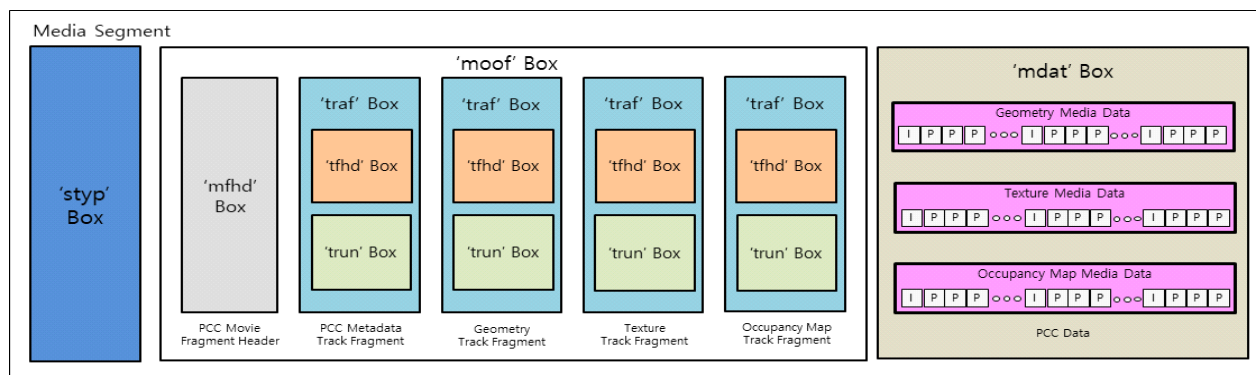


그림 3. V-PCC DASH 미디어 세그먼트 구성 예시

Fig. 3. Example of V-PCC DASH media segment configuration

표 1. 3차원 좌표 정보 지원 MPD의 구문과 내용

Table 1. Syntax and semantics of 3D configuration information support MPD

Element or Attribute Name	Use	Description
AdaptationSet		
@minDepth	Optional	specifies the minimum @depth value in all Representations in this Adaptation Set. This value has the same units as the @width and @height attribute.
@maxDepth	Optional	specifies the maximum @depth value in all Representations in this Adaptation Set. This value has the same units as the @width and @height attribute.
Representation		
@Depth	Conditional Mandatory	specifies the deep visual presentation size of the video media type.

### 3. DASH-SRD, ROUTE

DASH-SRD는 MPEG-DASH의 확장 표준으로<sup>[7][8]</sup>, 영역별로 선별적인 전송을 위해 제안된 기술이다. 2차원의 고품질 영상을 2차원 타일로 잘라 저품질과 고품질의 타일을 혼용으로 배치하고, 사용자 관심 영역 및 네트워크 상황에 따라 일부 타일은 고품질로, 그 외 나머지 영역은 저품질로 전송하여 네트워크 및 단말의 효율을 높일 수 있는 기술이다. DASH-SRD에서 정의한 EssentialProperty는 MPD의 하위 요소로 제공되며, EssentialProperty의 ‘value’는 공간 상관 정보 <source\_id, object\_x, object\_y, object\_width, object\_height, total\_width, total\_height, spatial\_set\_id>를 포함한다. source\_id는 고유 식별자를 제공하고, 모든 SRD에서 정의하는 타일은 동일한 source\_id 값을 공유한다. 또한, 같은 source\_id 값을 가지는 타일의 위치 정보는 (object\_x, object\_y), 타일의 크기 정보는 (object\_width, object\_height), 전체 타일의 크기는 (total\_width, total\_height)를 통해 나타낸다. ROUTE는 기존의 스트리밍 프로토콜 MPEG-DASH를 방송용으로 적용하기 위해서 제안된 프로토콜로, 실시간 전송을 제공할 뿐만 아니라 비실시간 콘텐츠 전송 또한 가능하다<sup>[9]</sup>.

#### Ⅲ. 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 영역 분할 전송 및 품질 파라미터 지원 방안

본 장에서는 II장에서 기술한 배경 기술인 DASH-SRD를 기반으로 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠에 적용하기 위

해 깊이 상관 정보를 추가 정의함으로써, 사용자에게 영역별로 분할 전송하는 방안을 제안한다. 또한, 같은 네트워크 상황에서 단말에 따라 사용자가 중요시하는 품질 파라미터가 다르므로 사용자의 요구에 맞게 선택될 수 있도록 MPD의 하위 요소 중 품질 변화를 지원하는 Representation에 V-PCC에서 상정하고 있는 품질 파라미터인 QP와 LoD에 대해 정의한다.

DASH-SRD는 상기 II장에서 설명한 바와 같이 2차원의 영상을 2차원의 타일로 나누어, 영역별로 차별적인 서비스를 제공할 수 있는 기술이기에, DASH-SRD 기술을 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠와 같은 3차원 영상에 적용하기 위해서는 추가적인 파라미터가 요구된다. 또한, 깊이 상관 파라미터인 object\_z는 3차원 타일의 좌표 정보를 나타내고, object\_depth는 3차원 타일의 크기를 표현하고, total\_depth는 전체 타일의 크기를 나타낸다. 깊이 상관 파라미터 (object\_z, object\_depth, total\_depth)는 모두 10진수로 표현되며, 양수 값을 가진다.

본 논문에서는 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 영역별로 분할 전송하는 방안을 지원하기 위해 <표 2>와 같이 깊이 상관 파라미터를 제안한다. <표 2>에서는 기존의 DASH-SRD에서 정의한 EssentialProperty에 깊이 상관 정보 (object\_z, object\_depth, total\_depth)를 추가 정의하였다. 이를 통해, 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 3차원 타일로 나누고, 사용자 관심 영역에 따라 선별적인 전송이 가능하다.

본 장에서는 상기에서 설명한 바와 같이 기존의 DASH-SRD를 확장하여 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 영역별로 분할 전송하는 방안을 제안하였다. 또한, 본 장에서는

표 2. DASH-SRD 기반 3차원 포인트 클라우드 깊이 상관 파라미터 구분과 내용

Table 2. Syntax and semantics of 3D point cloud depth correlation parameters based DASH-SRD

Element or Attribute Name	Use	Description
AdaptationSet		
EssentialProperty		
@object_z	Conditional Mandatory	non-negative integer in decimal representation expressing the deep position of the top-left corner of the associated media assets in the coordinate system.
@object_depth	Conditional Mandatory	non-negative integer in decimal representation expressing the depth of the associated media assets in the coordinate system.
@total_depth	Conditional Mandatory	optional non-negative integer in decimal representation expressing the depth of the extent of all media assets in coordinate system.

표 3. 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 품질 파라미터 구분과 내용

Table 3. Syntax and semantics of 3D point cloud content based quality parameter

Element or Attribute Name	Use	Description
AdaptationSet		
Representation		
@QuantizationParameter	Optional	The parameter representing the quantization level of the point, is closer to '1' as it is closer to the original point cloud content.
@LevelofDetail	Optional	The parameter representing the density of the point, is closer to '1' as it is closer to the original point cloud content.

사용자의 요구에 따라 선택적으로 품질 파라미터를 결정할 수 있도록 MPD의 Representation에 QP 및 LoD를 <표 3>과 같이 정의한다.

3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 양자화 레벨을 나타내는 품질 파라미터인 QP는 정수로 설정되고, '1'에서 '5'까지 설정 가능하며 '1'에 가까울수록 복원된 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 포인트가 원본 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 포인트와 유사하다. 또한, 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 포인트의 밀도를 나타내는 품질 파라미터인 LoD는 정수로 설정되고, '1'에서 '5'까지 설정 가능하며 '1'에 가까울수록 복원된 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 포인트의 밀도가 원본 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 포인트의 밀도와 유사하다.

#### Ⅳ. 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 영역 분할 전송 및 품질 파라미터 지원 방안 ROUTE/DASH 검증 플랫폼 구조도

Ⅲ장에서는 DASH-SRD 기술의 확장을 통해 3차원 포인

트 클라우드 콘텐츠를 영역별로 분할 전송하는 방안을 제안하였다. 또한, MPEG-DASH 표준에서 정의한 시그널링 메시지인 MPD에 V-PCC에서 상정하고 있는 품질 파라미터들을 정의하였다. 본 장에서는 Ⅲ장에서 제안된 기술을 기반으로 설계한 ROUTE/DASH 기반의 검증 플랫폼 구조도에 대해 설명한다.

##### 1. 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 ROUTE/DASH 기반 검증 플랫폼 구조도

본 논문에서 제안된 기술을 토대로 설계한 ROUTE/DASH 기반의 검증 플랫폼 구조도는 <그림 4>와 같다. 서버의 V-PCC 부호화기는 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 입력으로 받아 V-PCC 비트스트림을 생성한다. DASH Geneator는 V-PCC 비트스트림을 전달받아 V-PCC DASH 세그먼트와 MPD를 생성하고, ROUTE Packet Generator로 전달한다. ROUTE Packet Generator는 V-PCC DASH 세그먼트와 MPD를 활용하여 ROUTE 패킷을 생성하고, 방송망을 통해 클라이언트로 전송한다. 클라이언트는 전달받은 ROUTE 패킷을 ROUTE Depacketizer와 DASH/MPD

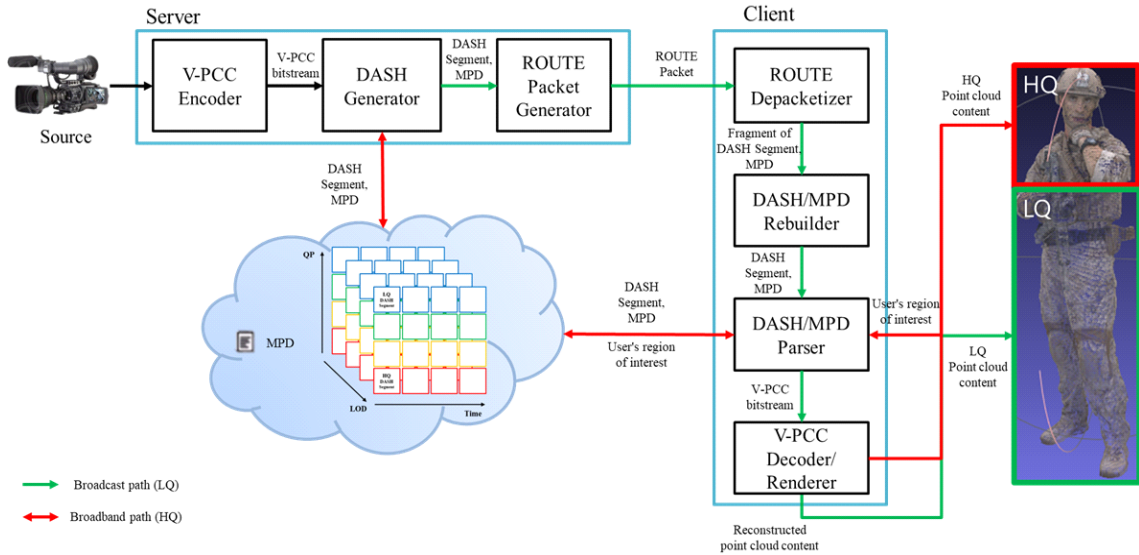


그림 4. ROUTE/DASH 기반의 검증 플랫폼 구조도  
Fig. 4. ROUTE/DASH based verification platform structure

Rebuilder를 통해 V-PCC DASH 세그먼트와 MPD로 재구성한다. 재구성된 V-PCC DASH 세그먼트와 MPD는 DASH/MPD Parser로 전달되고, DASH Parser는 전달받은 DASH 초기 세그먼트를 통해 V-PCC 복호기 초기화 정보와 DASH 미디어 세그먼트를 통해 재생 정보 및 부호화된 데이터를 파싱(Parsing)한다. V-PCC 복호기 초기화 정보를 통해 V-PCC 복호기는 부호화된 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 복호 및 재구성하여 V-PCC 렌더러(Renderer)를 통해 재생한다. 또한, MPD의 EssentialProperty에 공간 상관계수와 사용자 관심 영역 정보를 통해 결정된 영역에 대해 네트워크 상황 및 사용자의 요구사항에 따라 선택적으로 품질 파라미터를 결정하여 서버에게 콘텐츠를 요청함으로써 통신망을 통해 콘텐츠를 제공받을 수 있다.

## V. 실험 결과

IV장에서는 III장에서 제안된 기술을 기반으로 설계한 검증 플랫폼 구조도를 제안하였다. 본 장에서는 이와 같은 시스템을 실제로 구현하여 제안 기술의 결과를 확인한다. 설계한 시스템은 통합개발환경(IDE)인 Visual Studio 2015에서

C++언어를 사용하여 구현하였다. 본 논문에서는 ROUTE 패킷은 방송망을 통해 전송되는 시나리오를 설계하였으나, 이번 실험에서는 방송망의 대응으로 UDP망을 사용하였고, 통신망의 서버는 프리웨어인 hfs (HTTP File Server)를 사용하였다. 또한, UDP 서버의 포트번호는 21004, HTTP 서버의 포트번호는 21005로 임의로 결정하였다. 그리고 V-PCC 부호화기/복호기는 MPEG-I PCC 그룹에서 제공하는 V-PCC Test Model Category 2 v5.0(TMC2v5.0)<sup>[3]</sup>를 사용하였으며 실험에 사용된 콘텐츠는 CTC(Common Test Condition)[10] 기반으로 부호화/복호였다. 본 실험에서는 비실시간의 서비스를 목표로 진행하였기 때문에, 고화질의 콘텐츠로 오버라이트 되는 영역에 대해서는 미리 다운로드를 통해 버퍼링하여 실험을 진행하였다.

### 1. 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 영역 분할 전송 및 품질 파라미터 지원 MPD

본 논문에서 제안된 검증 플랫폼의 DASH Generator에서 생성한 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 영역 분할 전송 및 다양한 품질 파라미터를 지원하는 MPD는 <그림 5>와 같다. <그림 5>에서 볼 수 있듯이, MPD는 Adaptation의



```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<MPD minBufferTime="PT10S" profiles="urn:mpeg:dash:profile:isoff-live:2018" type="static">
  <Period start="PT0S">
    <Adaptation id="1" minBandwidth="1000000" maxBandwidth="5000000" minWidth="40" maxWidth="1024" minHeight="40" maxHeight="1024" minDepth="40" maxDepth="1024">
      <EssentialProperty schemeIdUri="urn:mpeg:dash:srd:2014" value="0,0,0,0,1,1,1,1,3,1">
        <Representation codecs="hev1.2.2.A0" mimeType="video/mp4" width="256" height="256" depth="256" frameRate="30" bandwidth="1500000" startWithSAP="1" LevelOfDetail="1" QuantizationParameter="1">
          <SegmentTemplate initialization="V_PCC_Video_init.mp4" startNumber="0" media="V_PCC_Video_${Number$.mp4}" presentationTimeOffset="0" timescale="36000" duration="36000"/>
        </Representation>
        <Representation codecs="hev1.2.2.A0" mimeType="video/mp4" width="256" height="256" depth="256" frameRate="30" bandwidth="2000000" startWithSAP="1" LevelOfDetail="1" QuantizationParameter="5">
          <SegmentTemplate initialization="V_PCC_Video_init.mp4" startNumber="0" media="V_PCC_Video_${Number$.mp4}" presentationTimeOffset="0" timescale="36000" duration="36000"/>
        </Representation>
        <Representation codecs="hev1.2.2.A0" mimeType="video/mp4" width="256" height="256" depth="256" frameRate="30" bandwidth="3000000" startWithSAP="1" LevelOfDetail="2" QuantizationParameter="1">
          <SegmentTemplate initialization="V_PCC_Video_init.mp4" startNumber="0" media="V_PCC_Video_${Number$.mp4}" presentationTimeOffset="0" timescale="36000" duration="36000"/>
        </Representation>
      </EssentialProperty>
    </Adaptation>
    <Adaptation id="2" minBandwidth="1000000" maxBandwidth="5000000" minWidth="40" maxWidth="1024" minHeight="40" maxHeight="1024" minDepth="40" maxDepth="1024">
      <EssentialProperty schemeIdUri="urn:mpeg:dash:srd:2014" value="0,0,1,0,1,1,1,1,3,1">
        <Representation codecs="hev1.2.2.A0" mimeType="video/mp4" width="1024" height="1024" depth="1024" frameRate="30" bandwidth="1500000" startWithSAP="1" LevelOfDetail="1" QuantizationParameter="1">
          <SegmentTemplate initialization="V_PCC_Video_init.mp4" startNumber="0" media="V_PCC_Video_${Number$.mp4}" presentationTimeOffset="0" timescale="36000" duration="36000"/>
        </Representation>
        <Representation codecs="hev1.2.2.A0" mimeType="video/mp4" width="1024" height="1024" depth="1024" frameRate="30" bandwidth="2000000" startWithSAP="1" LevelOfDetail="1" QuantizationParameter="5">
          <SegmentTemplate initialization="V_PCC_Video_init.mp4" startNumber="0" media="V_PCC_Video_${Number$.mp4}" presentationTimeOffset="0" timescale="36000" duration="36000"/>
        </Representation>
        <Representation codecs="hev1.2.2.A0" mimeType="video/mp4" width="1024" height="1024" depth="1024" frameRate="30" bandwidth="3000000" startWithSAP="1" LevelOfDetail="2" QuantizationParameter="1">
          <SegmentTemplate initialization="V_PCC_Video_init.mp4" startNumber="0" media="V_PCC_Video_${Number$.mp4}" presentationTimeOffset="0" timescale="36000" duration="36000"/>
        </Representation>
      </EssentialProperty>
    </Adaptation>
    <Adaptation id="3" minBandwidth="1000000" maxBandwidth="5000000" minWidth="40" maxWidth="1024" minHeight="40" maxHeight="1024" minDepth="40" maxDepth="1024">
      <EssentialProperty schemeIdUri="urn:mpeg:dash:srd:2014" value="0,0,2,0,1,1,1,1,3,1">
        <Representation codecs="hev1.2.2.A0" mimeType="video/mp4" width="1024" height="1024" depth="1024" frameRate="30" bandwidth="1500000" startWithSAP="1" LevelOfDetail="1" QuantizationParameter="1">
          <SegmentTemplate initialization="V_PCC_Video_init.mp4" startNumber="0" media="V_PCC_Video_${Number$.mp4}" presentationTimeOffset="0" timescale="36000" duration="36000"/>
        </Representation>
        <Representation codecs="hev1.2.2.A0" mimeType="video/mp4" width="1024" height="1024" depth="1024" frameRate="30" bandwidth="2000000" startWithSAP="1" LevelOfDetail="1" QuantizationParameter="5">
          <SegmentTemplate initialization="V_PCC_Video_init.mp4" startNumber="0" media="V_PCC_Video_${Number$.mp4}" presentationTimeOffset="0" timescale="36000" duration="36000"/>
        </Representation>
        <Representation codecs="hev1.2.2.A0" mimeType="video/mp4" width="1024" height="1024" depth="1024" frameRate="30" bandwidth="3000000" startWithSAP="1" LevelOfDetail="2" QuantizationParameter="1">
          <SegmentTemplate initialization="V_PCC_Video_init.mp4" startNumber="0" media="V_PCC_Video_${Number$.mp4}" presentationTimeOffset="0" timescale="36000" duration="36000"/>
        </Representation>
      </EssentialProperty>
    </Adaptation>
  </Period>
</MPD>

```

그림 5. 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 영역 분할 전송 및 품질 파라미터 지원 MPD

Fig. 5. MPD support for 3D point cloud content region division transfer and quality parameters

EssentialProperty를 통해 영역별로 공간 상관 정보를 기술하고, 3개의 Adaptation으로 구성된다. 또한, 각 Adaptation은 3개의 Representation으로 구성되며 각 Representation의 품질 파라미터는 (QP : 1, LoD : 1), (QP : 5, LoD : 1), (QP : 1, LoD : 2)로 구성된다. 이를 통해, 사용자는 네트워크 상황 및 단말의 상황에 따라 선택적으로 품질 파라미터를 결정할 수 있다.

## 2. 제안 기술 기반의 재생 결과

본 논문에서 제안한 검증 플랫폼을 통해서 품질 파라미터별로 재구성된 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 재생한 결과는 <그림 6>과 같다. 품질 파라미터가 (QP : 1, LoD : 1)일 때, 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠는 원본 콘텐츠와 가장 유사하며, 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠는 941,132

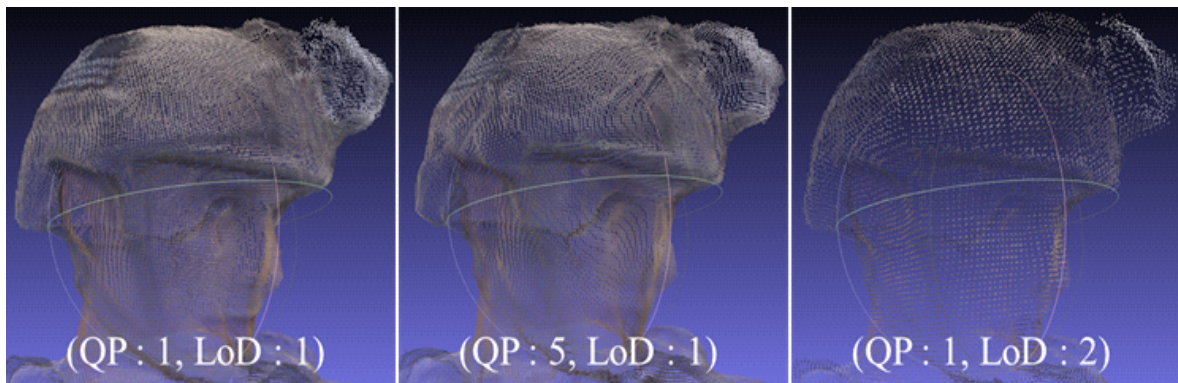


그림 6. 품질 파라미터별 재생 결과

Fig. 6. Playback results by quality parameters



개의 포인트로 구성되고 콘텐츠의 크기는 167,522바이트임을 확인하였다. 또한, 품질 파라미터가 (QP : 5, LoD : 1)일 때, 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠는 품질 파라미터가 (QP : 1, LoD : 1)일 때의 콘텐츠와 비교했을 때 LoD의 값이 변경되지 않았기 때문에 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 포인트는 941,132개로 구성되고, QP가 커짐에 따라 콘텐츠의 정밀도가 떨어지는 대신 콘텐츠의 크기는 20,720바이트로 줄어든 것을 확인할 수 있었다. 그리고 품질 파라미터가 (QP : 1, LoD : 2)일 때, 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠는 품질 파라미터가 (QP : 1, LoD : 1)일 때의 콘텐츠와 비교했을 때 LoD의 값이 변경되었기 때문에 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 포인트 개수는 254,982개로 줄어들고 콘텐츠의 크기도 27,115바이트도 작아졌으며, LoD의 값이 '1'인 다른 콘텐츠들과 비교했을 때, 포인트의 개수가 현저하게 줄어든 것을 식별할 수 있다.

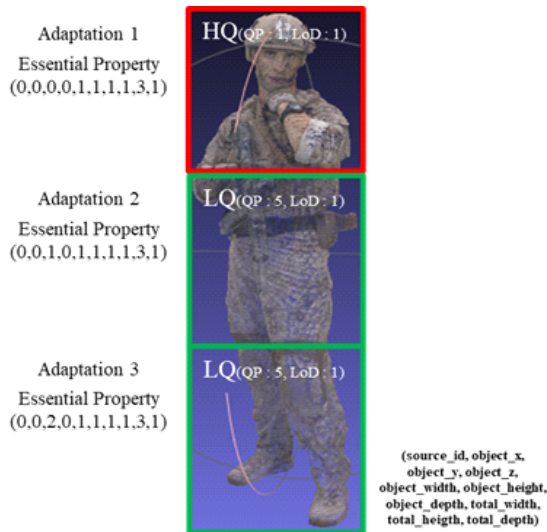


그림 7. 포인트 클라우드 콘텐츠 영역 분할 전송 방안의 서비스 결과  
Fig. 7. Service results of point cloud contents region division transfer method

상기 절에서는 실험을 위해 설계한 검증 플랫폼의 DASH Generator에서 생성한 제안 기술 기반의 MPD를 확인하였다. <그림 7>은 제안 기술 기반의 MPD를 통해 이중망 환경의 검증 플랫폼에서 서비스한 결과이다. 우선, 방송망을 통해서 전송되는 LQ (Low Quality)의 콘텐츠를 재생하고,

EssentialProperty의 공간 상관 정보와 사용자 관심 영역을 통해 선택된 영역인 Adaptation 1(0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 3, 1)에 대해 대역폭 상황이 허용되는 범위 내에서 선택적으로 HQ (High Quality)의 콘텐츠(QP : 1, LoD : 1)를 서버에게 요청함으로써, 통신망을 통해 제공받을 수 있음을 확인하였다.

## VI. 결 론

본 논문에서는 기존의 DASH-SRD 기술의 확장을 통해 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 영역별로 분할 전송하는 방안에 대해 제안하였다. 또한, 같은 네트워크 상황에서 단 말에 따라 사용자가 중요시하는 품질 파라미터가 다르므로 사용자의 요구에 맞게 선택될 수 있도록 시그널링 메시지의 하위 요소에 V-PCC에서 상정하는 품질 파라미터들을 기술하는 방안을 제안하였다. 그리고 제안된 기술을 검증하기 위해 검증 플랫폼을 설계하고, 설계된 검증 플랫폼을 통해 제안된 기술 기반의 재생 결과를 확인하였다. 본 논문의 제안된 기술을 기반으로 추후 연구를 통해 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 저지연 서비스를 위한 효율적인 버퍼 관리 및 실시간으로 사용자 관심 영역 추출 방안 등의 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌 (References)

- [1] Jiheon Im, Junsik Kim, Kyuheon Kim, "Supporting ROI transmission of 3D Point Cloud Data based on 3D Manifesto", Journal of the Semiconductor & Display Technology, Vol.17, No.4, pp.21-26, December 2018.
- [2] Jaemin Byun, Ki-In Na, Myoungchan Roh, "A Method of Road Detection based on MRF(Markov Random Field) with 3D LiDAR for Autonomous Vehicle", The Korean Society Of Automotive Engineers, Vol.2013, NO.5, pp.997-1002, May 2013.
- [3] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 Doc. MPEG2019/N18176, V-PCC Test Model v5, Marrakesh, January, 2019.
- [4] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 Doc. MPEG2019/N18180, Video-based Point Cloud Compression, Marrakesh, January, 2019.
- [5] ISO/IEC 14496-12 - MPEG-4 Part 12, ISO base media file format, 2014.07.
- [6] Doohwan Kim, Jiheon Im, Kyuheon Kim, "MPEG-DASH based 3D Point Cloud Content Configuration Method", The Korean Society of

- Broadcast and Media Engineers, Vol.24, No.4, pp.329-340, July 2019.
- [7] ISO/IEC 23009-1:2014 (Second edition), Information technology Dynamic adaptive streaming over HTTP (DASH) Part 1: Media presentation description and segment formats, 2014.
- [8] MPEG DASH Industry Forum, Guidelines for Implementation : DASH-IF Interoperability Points, Retrieved April.09, 2018, from <http://dashif.org>.
- [9] TTAK.KO-07.0127/R1, "Terrestrial UHD Broadcasting Transmission and Reception - Part 3 Systems", Korea Information and Communications Technology Association, 2016.12.
- [10] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 Doc. MPEG2019/N18175, Common Test Conditions for PCC, Marrakesh, January, 2019.

## 저 자 소 개



### 김 두 환

- 2016년 2월 : 경기과학기술대학 전자통신과 졸업
- 2018년 2월 : 경희대학교 생체의공학과 공학사
- 2018년 3월 ~ 현재 : 경희대학교 전자공학과 석사과정
- ORCID : <https://orcid.org/0000-0002-6010-274X>
- 주관심분야 : 멀티미디어 시스템, 디지털 대화형방송



### 박 성 환

- 2013년 2월 : 한국외국어대학교 디지털정보공학과 공학사
- 2015년 2월 : 경희대학교 전자공학과 석사
- 2015년 3월 ~ 현재 : 경희대학교 전자공학과 박사과정
- ORCID : <https://orcid.org/0000-0001-8554-745X>
- 주관심분야 : 영상처리, 멀티미디어 시스템



### 김 규 현

- 1989년 2월 : 한양대학교 전자공학과 공학사
- 1992년 9월 : 영국 University of Newcastle upon Tyne 전기전자공학과 공학석사
- 1996년 7월 : 영국 University of Newcastle upon Tyne 전기전자공학과 공학박사
- 1996년 ~ 1997년 : 영국 University of Sheffield, Research Fellow
- 1997년 ~ 2006년 : 한국전자통신연구원 대화형미디어연구팀장
- 2006년 ~ 현재 : 경희대학교 전자정보대학 교수
- ORCID : <https://orcid.org/0000-0003-1553-936X>
- 주관심분야 : 영상처리, 멀티미디어통신, 디지털 대화형방송