

일반논문 (Regular Paper)

방송공학회논문지 제24권 제4호, 2019년 7월 (JBE Vol. 24, No. 4, July 2019)

<https://doi.org/10.5909/JBE.2019.24.4.660>

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

## MPEG-DASH 기반 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠 구성 방안

김 두 환<sup>a)</sup>, 임 지 현<sup>a)</sup>, 김 규 현<sup>a)†</sup>

### MPEG-DASH based 3D Point Cloud Content Configuration Method

Doohwan Kim<sup>a)</sup>, Jiheon Im<sup>a)</sup>, and Kyuheon Kim<sup>a)†</sup>

#### 요 약

최근 3차원 스캐닝 장비 및 다차원 어레이 카메라의 발달로 AR(Augmented Reality)/VR(Virtual Reality), 자율 주행과 같은 응용분야에서 3차원 데이터를 다루는 기술에 관한 연구가 지속해서 이루어지고 있다. 특히, AR/VR 분야에서는 3차원 영상을 포인트 데이터로 표현하는 콘텐츠가 등장하였으나, 이는 기존의 2차원 영상보다 많은 양의 데이터가 필요하다. 따라서 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 사용자에게 서비스하기 위해서는 고효율의 부호화/복호화와 저장 및 전송과 같은 다양한 기술 개발이 요구된다. 본 논문에서는 MPEG-I(MPEG-Immersive) V-PCC(Video based Point Cloud Compression) 그룹에서 제안한 V-PCC 부호화기를 통해 생성된 V-PCC 비트스트림을 MPEG-DASH(Dynamic Adaptive Streaming over HTTP) 표준에서 정의한 세그먼트로 구성하는 방안을 제안한다. 또한, 사용자에게 3차원 좌표계 정보를 제공하기 위해 시그널링 메시지에 깊이 정보 파라미터를 추가로 정의한다. 그리고 본 논문에서 제안된 기술을 검증하기 위한 검증 플랫폼을 설계하고, 제안한 기술의 알고리즘 측면에서 확인한다.

#### Abstract

Recently, with the development of three-dimensional scanning devices and multi-dimensional array cameras, research is continuously conducted on techniques for handling three-dimensional data in application fields such as AR (Augmented Reality) / VR (Virtual Reality) and autonomous traveling. In particular, in the AR / VR field, content that expresses 3D video as point data has appeared, but this requires a larger amount of data than conventional 2D images. Therefore, in order to serve 3D point cloud content to users, various technological developments such as highly efficient encoding / decoding and storage, transfer, etc. are required. In this paper, V-PCC bit stream created using V-PCC encoder proposed in MPEG-I (MPEG-Immersive) V-PCC (Video based Point Cloud Compression) group, It is defined by the MPEG-DASH (Dynamic Adaptive Streaming over HTTP) standard, and provides to be composed of segments. Also, in order to provide the user with the information of the 3D coordinate system, the depth information parameter of the signaling message is additionally defined. Then, we design a verification platform to verify the technology proposed in this paper, and confirm it in terms of the algorithm of the proposed technology.

Keyword : V-PCC, ISOBMFF, DASH Segment, MPD

## I. 서론

현재 사람들이 접하는 수많은 미디어 콘텐츠는 흑백에서 컬러 영상으로, 저해상도에서 고해상도의 영상으로 발전해 왔다. 또한, 실제와 유사한 콘텐츠를 제공하기 위하여 사용자 중심의 360도 VR(Virtual Reality) 콘텐츠와 광시야각의 실감형 미디어인 UWV(Ultra Wide Vision) 콘텐츠들이 등장하였으며, 해당 콘텐츠의 더 높은 몰입도를 위해 곡면 디스플레이, HMD(Head Mount Display) 등을 사용하기 시작했다. 이처럼 미디어 기술은 실제와 같은 경험을 서비스하기 위해 발전을 거듭해 왔으며, 사용자에게 자유로운 시야각 및 입체감을 제공하는 3차원으로 이루어진 미디어로 눈길을 돌리기 시작했다. 이 중 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠는 AR/VR 및 자율주행 자동차 분야에서 차세대 미디어로 주목 받고 있다<sup>[1]</sup>. 그러나 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 표현하기 위해서는 수만에서 수십만 개의 포인트 데이터가 필요하고, 기존의 2차원 영상에 비해 많은 양의 저장 공간을 요구한다. 따라서 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 방대한 데이터를 효율적으로 서비스하기 위한 다양한 기술 개발이 요구되고 있다. 이러한 이유로, 국제표준기구인 MPEG에서는 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 데이터 특성에 따라 첫 번째 카테고리는 정적 포인트 클라우드 데이터, 두 번째 카테고리는 동적 포인트 클라우드 데이터, 세 번째 카테고리는 동적으로 획득된 포인트 클라우드 데이터 총 3가지 카테고리로 분류하고, 고효율의 부호화/복호화 방안에 관한 기술 개발이 진행 중에 있다<sup>[2]</sup>. 본 논문에서 다루는 V-PCC는 두 번째 카테

고리인 동적 포인트 클라우드 데이터를 대상으로 프로젝션(projection)을 통해 2차원 패치로 변경하고, 2차원 패치로 구성된 비디오 시퀀스(sequence)를 AVC(Advanced Video Coding), HEVC(High Efficiency Video Coding)와 같은 기존의 비디오 코덱을 이용한 부호화/복호화를 수행한다<sup>[3]</sup>. 또한, MPEG에서는 MPEG-ISO BMFF(ISO Base Media File Format)를 확장하여 V-PCC 부호화기를 통해 생성된 V-PCC 비트스트림을 저장하는 방법을 고려하고 있다<sup>[4][5]</sup>. 하지만 사용자에게 V-PCC 비트스트림을 제공하기 위해서는 추가적인 연구가 필요하고, 본 논문에서는 V-PCC 비트스트림을 전송 프로토콜 MPEG-DASH에서 정의한 세그먼트로 구성하는 방안을 제안한다<sup>[6][7]</sup>. 또한, 사용자에게 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 3차원 좌표 정보를 제공하기 위해 MPEG-DASH 표준에서 정의한 시그널링 메시지에 깊이 정보 파라미터를 추가로 정의한다. 그리고 본 논문에서 제안된 기술을 기반으로 설계한 검증 플랫폼을 통해 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 스트리밍 서비스를 확인한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 MPEG-I V-PCC 그룹에서 제안한 V-PCC 부호화기/복호기 구조 및 V-PCC 비트스트림 구조에 대해 설명하고, 검증 플랫폼의 전송 프로토콜에 해당하는 MPEG-DASH에 대해 설명한다. III장에서는 V-PCC 비트스트림 기반으로 DASH 세그먼트 구성 방안을 제안하고, MPEG-DASH에서 정의한 시그널링 메시지인 MPD(Media Presentation Description)를 통해 사용자에게 3차원 좌표 정보를 지원하기 위한 깊이 파라미터를 추가로 정의한다. IV장에서는 제안된 기술을 기반으로 설계한 검증플랫폼 구조도를 제안한다. V장에서는 해당 검증 플랫폼을 통해 얻은 결과를 분석한다. 마지막으로 VI장에서는 본 논문에서 제안한 기술을 기반으로 향후 포인트 클라우드 기술의 연구 방향에 대해 논의한다.

## II. 배경 기술

본 장에서는 본 논문에서 제안하는 방안의 배경기술인 MPEG V-PCC 부호화기/복호기 구조 및 V-PCC 비트스트림 구조에 대해 설명하고, 또한, 본 논문에서 설계한 검증플랫폼의 전송 프로토콜인 MPEG-DASH에 대해 설명한다.

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.

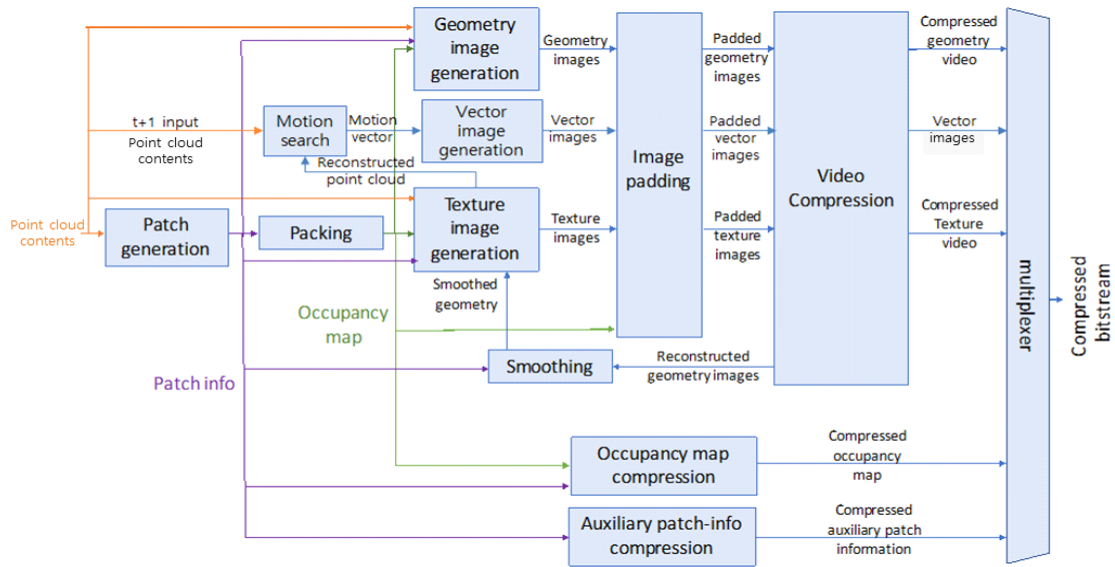


그림 1. MPEG V-PCC 부호화기  
Fig. 1. MPEG V-PCC Encoder

1. MPEG V-PCC 부호화기/복호기

MPEG-I V-PCC 그룹에서 제안한 V-PCC 부호화기 구조는 <그림 1>과 같다<sup>2)</sup>. V-PCC 부호화기는 기존의 비디오 부호화기 기반으로 구성되기 때문에, 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 2차원 공간에 투영하여 패치(Patch)를 생성하

는 것으로 시작된다. 이 과정은 포인트 클라우드 데이터의 법선 벡터를 통해 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 패치로 분해하고, 재구성하는 데 있어 오류를 최소화하는 것을 목표로 한다. 2차원 공간에 생성된 패치는 위치 정보를 나타내는 기하 영상과 색상 정보를 나타내는 색상 영상으로 구분하여 생성된다. 또한, 복호화에 필요한 각 패치의 투영

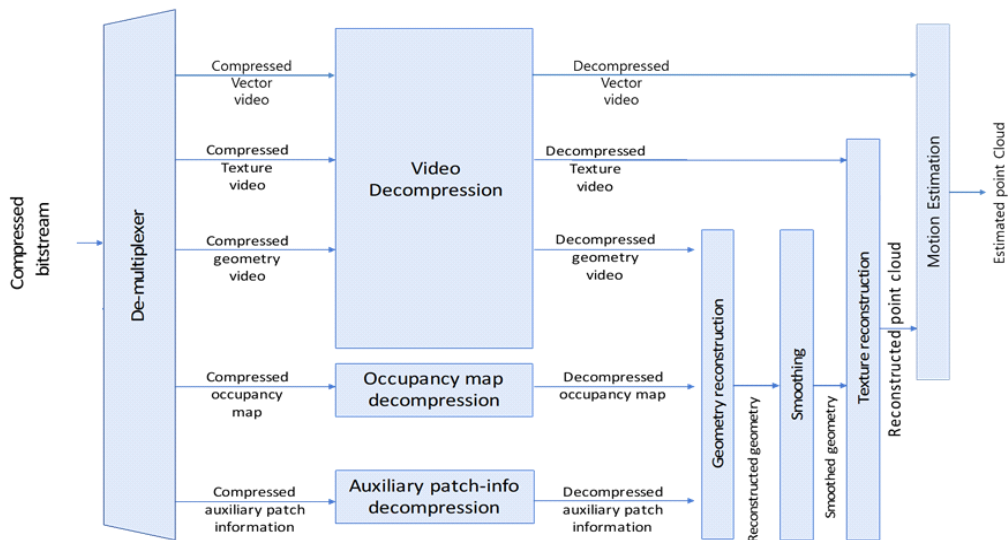


그림 2. MPEG V-PCC 복호기  
Fig. 2. MPEG V-PCC Decoder

평균 정보 및 패치 크기 정보는 auxiliary patch information으로 전달되고, 생성된 패치들을 패킹(packing)하면서 각 픽셀에 대한 포인트의 존재 여부를 binary map으로 나타낸 occupancy map을 생성한다. 일반적으로 기하 및 색상 영상과 occupancy map은 기존의 비디오 부호화기로 부호화되며, auxiliary patch information은 entropy coding을 사용하여 부호화된다.

MPEG-I V-PCC 그룹에서 제안한 V-PCC 복호기 구조는 <그림 2>와 같다<sup>[2]</sup>. V-PCC 복호기는 기존 비디오 복호기를 기반으로 부호화된 기하 영상 및 색상 영상을 복호화하고, occupancy map과 auxiliary patch information을 이용하여 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 재구성 한다.

## 2. V-PCC 비트스트림 구조

상기 절에서 V-PCC 부호화기/복호기의 구조에 대해 설명하였고, 본 절에서는 V-PCC 부호화기가 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 입력으로 받아 생성한 V-PCC 비트스트림 구조에 대해 <그림 3>을 통해 설명한다<sup>[4]</sup>. V-PCC 비트스트림은 V-PCC Unit의 집합으로, <그림 3>에서 보는 바와 같이, V-PCC Unit은 헤더와 페이로드로 구성된다. 또한, V-PCC Unit의 헤더를 통해서 페이로드 데이터를 구분하

고, V-PCC Unit의 페이로드 데이터는 복호기 초기화 정보와 포인트 클라우드 데이터로 구성된다. 복호기 초기화 정보는 비트스트림의 전체적인 부호화 정보를 나타내는 SPS (Sequence Parameter Set)와 각 패치로 구성된 비디오 시퀀스의 부호화 정보 및 패치의 부호화 정보를 나타내는 PSD (Patch Sequence Data) 등으로 구성되고, 포인트 클라우드 데이터는 기하 영상, 색상 영상, occupancy map으로 구성된다.

## 3. MPEG-DASH

본 절에서는 본 논문에서 제안하는 검증플랫폼의 프로토콜에 해당하는 MPEG-DASH에 대해 설명한다. MPEG-DASH는 최근 스트리밍 서비스 이용이 증가하면서 가변적인 망 상황에 따른 서비스를 위해 제공하기 위해 제정한 기술 표준으로<sup>[5][6]</sup>, DASH 세그먼트의 콘텐츠 포맷은 MPEG-2 TS(Transport Stream) 또는 ISOBMFF기반으로 구성되고, DASH 세그먼트의 종류로는 초기 세그먼트, 미디어 세그먼트가 있다. 초기 세그먼트는 복호기 초기화 정보 및 콘텐츠에 관한 메타 데이터를 포함하기 때문에, 클라이언트는 초기 세그먼트를 먼저 수신해야 한다. 미디어 세그먼트는 Fragment 구조를 가지며, 재생에 관한 정보 및 실

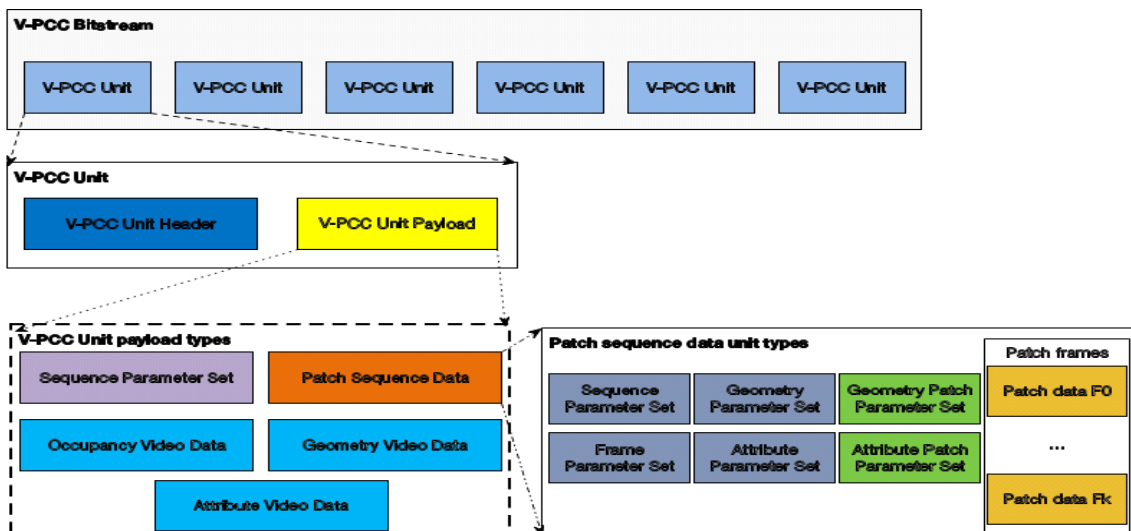


그림 3. V-PCC 비트스트림 구조  
 Fig. 3. V-PCC Bitstream structure

제 미디어 데이터를 포함한다. 또한, DASH 프로토콜의 시그널링 메시지인 MPD(Media Presentation Description)는 계층적인 구조로 구성되며, 각 계층별로 구조적 기능 및 역할을 세부적으로 나누어 기술한다. MPD의 하위 요소인 Period는 시작 시간 및 구간의 시간, 세그먼트에 관한 정보를 기술하며 하나 또는 다수가 존재할 수 있다. Period의 하위의 요소인 Adaptation Set는 콘텐츠의 언어, 최대/최소 대역폭, 화면 정보를 기술할 수 있는 요소 및 속성 등이 포함될 수 있다. Adaptation Set의 하위 요소인 Representation은 콘텐츠의 품질, 대역폭, Segment 관련 URL 등을 기술하는 요소 및 속성을 포함하며 콘텐츠의 품질 별 분류가 가능하다<sup>[8][9]</sup>.

### III. V-PCC 비트스트림 기반 DASH 세그먼트 및 3차원 MPD 구성 방안

II장에서 기술 된 배경 기술을 기반으로, 본 장에서는 V-PCC 비트스트림을 MPEG-DASH에서 정의한 DASH 세그먼트로 구성하기 위한 방안을 제안한다. 또한, 시그널링 메시지인 MPD를 통해 사용자에게 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 3차원 좌표 정보를 제공하기 위해 깊이 정보 파라미터를 추가로 정의하는 방안을 제안한다.

### 1. V-PCC DASH 세그먼트 구성 방안

사용자에게 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 전송 프로토콜 MPEG-DASH로 서비스하기 위해서는 상기 II장에서 설명한 바와 같이, DASH 표준에서 정의하는 DASH 초기 세그먼트 및 미디어 세그먼트를 구성해야 한다. 본 논문에서 제안하는 V-PCC 비트스트림 기반의 DASH 초기 세그먼트는 기존의 파일 포맷표준인 MPEG-ISOBMFF의 확장을 통해 V-PCC 비트스트림 부호화 파라미터를 고려한 구성 방안이다. V-PCC 비트스트림 기반의 DASH 초기 세그먼트의 기본 구성은 <그림 4>에서 나타낸 바와 같이, 'ftyp' 박스와 'moov' 박스로 구성된다. 'ftyp' 박스는 파일 호환성 정보를 가지고 있는 박스로, 본 논문에서 제안하는 DASH 초기 세그먼트의 'ftyp' 박스는 major brand는 'msdh'로 설정되며, compatible brands는 'volm'을 포함한다. 또한, V-PCC 비트스트림의 부호화 정보를 포함하는 'moov' 박스는 V-PCC 비트스트림 별로 Track 박스를 구성한다. 'moov' 박스는 PCC Metadata, Geometry, Texture, Occupancy map 'trak' 박스를 포함하고, PCC Metadata 'trak' 박스는 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 재구성하기 위한 V-PCC 비트스트림 간의 관계 정보를 나타내는 'tref' 박스와 전체 비트스트림의 부호화 정보 및 auxiliary patch information을 포함하는 Point cloud sample entry로 구성된다. 또한, Geometry, Texture, Occupancy map 'trak' 박스는 패치로 구성

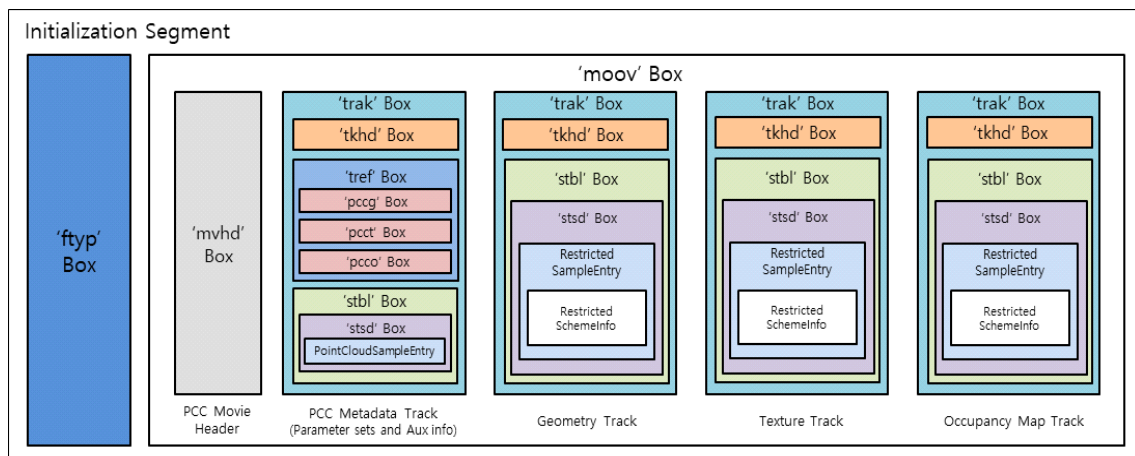


그림 4. V-PCC DASH 초기 세그먼트 구성 예시  
Fig. 4. Example of V-PCC DASH Initialization Segment configuration

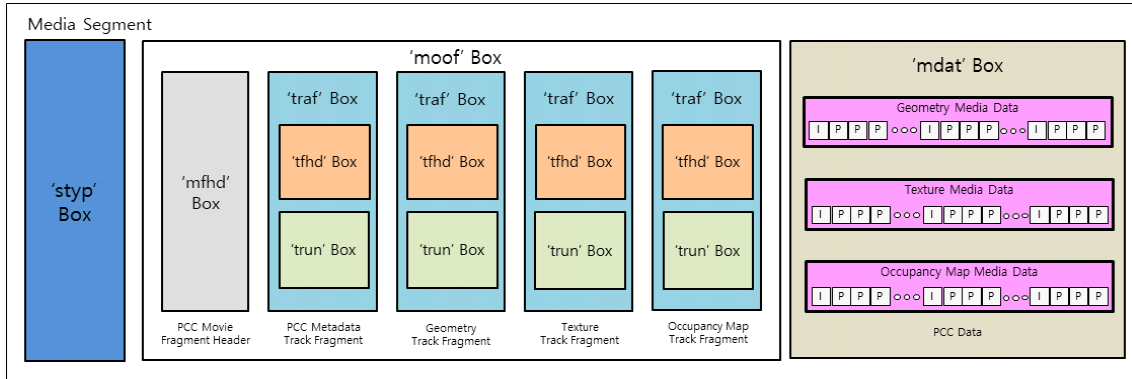


그림 5. V-PCC DASH 미디어 세그먼트 구성 예시  
 Fig. 5. Example of V-PCC DASH Media Segment configuration

된 비디오 시퀀스 부호화 정보 및 패치 부호화 정보를 Restricted sample entry에 포함한다.

본 논문에서 제안하는 V-PCC 비트스트림 기반의 DASH 미디어 세그먼트는 기존의 파일 포맷표준인 MPEG-ISOBMFF의 확장을 통해 V-PCC 비트스트림 데이터를 고려한 구성 방안이다. V-PCC 비트스트림 기반의 DASH 미디어 세그먼트의 기본 구성은 <그림 5>에서 나타난 바와 같이, 'styp' 박스, 'moof' 박스, 'mdat' 박스로 구성된다. 'styp' 박스는 파일 호환성 정보를 가지고 있는 박스로, 본 논문에서 제안하는 DASH 미디어 세그먼트의 'styp' 박스는 major brand는 'msdh'로 설정되며, compatible brands는 'volm'을 포함한다. 또한, 재생 정보를 포함하는 'moof' 박스는 PCC Metadata, Geometry, Texture, Occupancy map Track Fragment 박스로 구성된다. PCC Metadata, Geometry, Texture, Occupancy map 'traf' 박스는 재생에 관한 메타 데이터를 포함하고, 'mdat' 박스는 기하 영상, 색상 영상, Occupancy map 데이터로 구성된다.

### 3. V-PCC MPD 구성 방안

MPEG-DASH는 2차원 미디어 콘텐츠를 전송하기 위해 제안된 프로토콜로, 본 절에서는 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 3차원 좌표 정보를 사용자에게 제공하기 위해 기존의 2차원 좌표 정보를 포함하는 MPD의 하위 요소인 AdaptationSet 및 Representation에 깊이 정보 파라미터를 <표 1>과 같이 추가로 정의한다. 이를 통해, 사용자에게 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 해상도에 대한 정보를 제공하고,

3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 분할 전송을 위해 기준이 되는 좌표 정보를 제공할 수 있다. 이로 인해, 분할 전송 시에는 Representation의 깊이 정보 파라미터는 조건적으로 필수적이다.

표 1. V-PCC MPD의 구조와 내용  
 Table 1. Syntax and semantics of V-PCC 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.

## IV. 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 DASH기반 검증플랫폼

III장에서는 전송 프로토콜 MPEG-DASH 기반으로 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 서비스하기 위한 DASH 세

그먼트 및 MPD 구성 방안을 제안하였다. 본 장에서는 III장에서 제안된 기술을 기반으로 실험을 위해 설계한 검증 플랫폼 구조도를 설명한다.

### 1. 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 DASH기반 검증플랫폼 구조도

본 절에서는 III장에서 제안된 기술 기반의 검증 플랫폼 구조도를 <그림 6>과 같이 제안하고, 이를 기반으로 설명한다. 서버는 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 기존의 비디오 코덱을 통해 부호화/복호화하기 때문에 포인트 클라우드 데이터의 양자화 계수에 따라 다양한 품질의 DASH 세그먼트를 구성한다. 또한, MPD의 하위 요소인 Representation에 포인트 클라우드 데이터의 양자화 계수에 따라 bandwidth를 설정한다. 그리고 서버는 클라이언트의 요청에 따라 브로드밴드 망을 통해 MPD를 전송하고, 클라이언트의 요청에 해당하는 DASH 세그먼트를 DASH Parser로 전달한다. DASH Parser는 전달받은 DASH 초기 세그먼트를 통해 복호기 초기화 정보를 파싱(parsing)하고, DASH 미디어 세그먼트를 통해 재생 정보와 부호화된 데이터를 파싱한다. V-PCC 복호기는 복호기 초기화 정보를 통해 부

호화된 포인트 클라우드 데이터를 복호화 및 재구성하여 V-PCC 렌더러(Renderer)에서 재생한다. 또한, 네트워크 대역폭 상황에 따라 서버에게 고화질의 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 요청할 수 있다.

## V. 실험 결과

IV장에서는 III장에서 제안한 기술을 기반으로 설계한 검증 플랫폼 구조도 및 시스템 순서도를 제안하였다. 본 장에서는 이와 같은 시스템을 실제로 구현하여 제안 기술의 결과를 확인한다. 설계한 시스템은 통합개발환경(IDE)인 Visual Studio 2015에서 C++언어를 사용하여 구현하였다.

### 1. V-PCC DASH Segment

본 논문에서 제안한 검증 플랫폼의 DASH Generator에서 생성한 V-PCC 비트스트림 기반의 DASH 초기 세그먼트 및 DASH 미디어 세그먼트는 <그림 7>과 같다. 상기 III장에서 설명한 바와 같이, DASH 초기 세그먼트의 기본 구성은 ‘ftyp’박스와 ‘moov’ 박스로 구성되고, ‘ftyp’ 박스

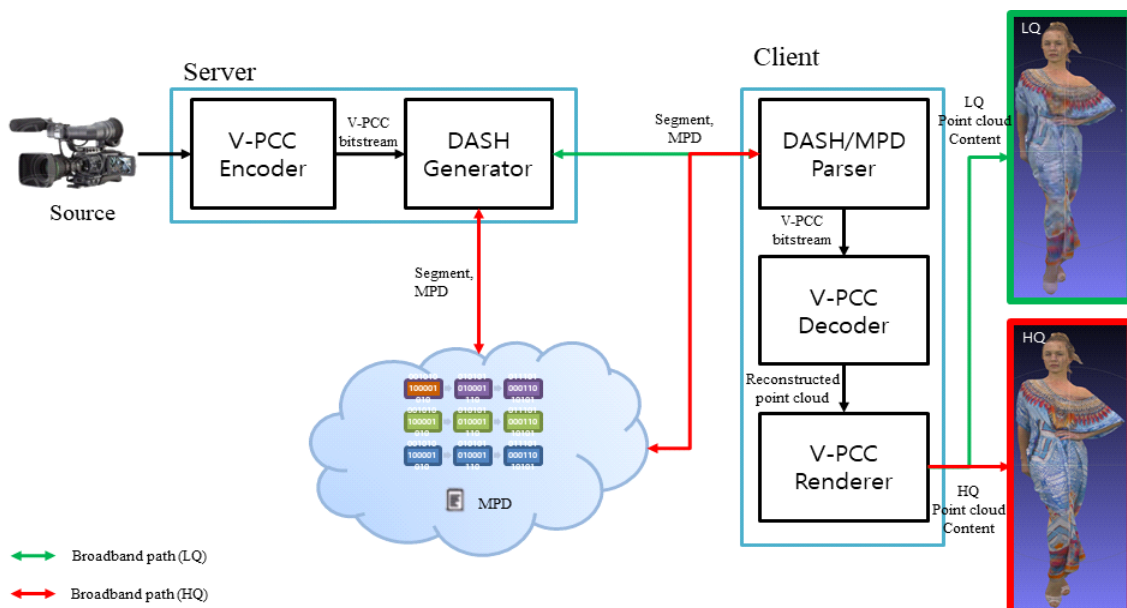


그림 6. 검증플랫폼 구조도  
Fig. 6. Verification platform structure

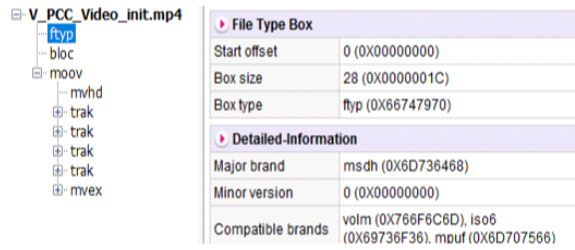
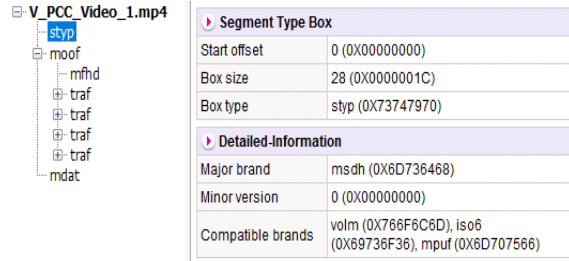


그림 7. V-PCC DASH 세그먼트  
 Fig. 7. V-PCC DASH Segment

의 major brand에는 ‘msdh’로 설정된다. 또한, ‘moov’ 박스는 V-PCC 비트스트림 별로 ‘trak’ 박스를 구성하고, 각 ‘trak’ 박스의 sample entry에는 부호화기 초기화 정보를 포함한다. 또한, DASH 미디어 세그먼트의 기본 구성은 ‘styp’ 박스, ‘moof’ 박스, ‘mdat’ 박스로 구성되고, ‘styp’ 박스의 major brand에는 ‘msdh’로 설정된다. 또한, ‘moof’ 박스는 각 비트스트림의 재생 정보를 포함하는 ‘traf’ 박스를 구성하고, ‘mdat’ 박스는 각 비트스트림의 부호화된 데이터를 구성한다.

## 2. V-PCC MPD

상기 III 장에서는 DASH 프로토콜 기반으로 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 서비스하기 위해 기존의 2차원 구성 정보를 정의한 MPD의 하위 요소인 Adaptation 및 Representation에 깊이 정보 파라미터를 추가로 정의하였다. 해당



검증 플랫폼의 DASH Generator에서 생성한 V-PCC MPD는 <그림 8>과 같다. V-PCC MPD는 Adaptation 및 Representation에 3차원 좌표 정보(width, height, depth)를 포함하고, V-PCC 비트스트림의 양자화 계수에 따라 Representation의 bandwidth를 설정한다. 본 논문에서는 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 양자화 계수를 ‘1’, ‘3’, ‘5’로 설정하여 실험을 진행하였고, 양자화 계수는 ‘5’에 가까울수록 원본 콘텐츠와 유사하다.

## 3. DASH기반 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠 서비스

상기 절에서는 실험을 위해 설계한 검증 플랫폼의 DASH Generator에서 생성한 V-PCC DASH 세그먼트 및 MPD에 대해 확인하였다. <그림 9>는 MPEG-DASH 프로토콜 기반의 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 스트리밍 서비스의

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
- <MPD type="static" profiles="urn:mpeg:dash:profile:isoff-live:2018" minBufferTime="PT10S">
  - <Period start="PT0S">
    - <Adaptation id="1" minBandwidth="1000000" maxBandwidth="100000000" minWidth="640" maxWidth="1280" minHeight="360" maxHeight="720" minDepth="320" maxDepth="640">
      - <Representation codecs="hev1.2.2.A0" mimeType="video/mp4" width="1280" height="720" depth="640" sar="16:9:8" frameRate="36" bandwidth="1000000" startWithSAP="1">
        <SegmentTemplate initialization="V_PCC_Video_init.mp4" startNumber="0" media="V_PCC_Video_${Number$.mp4}" presentationTimeOffset="0" timescale="36000"/>
      </Representation>
      - <Representation codecs="hev1.2.2.A0" mimeType="video/mp4" width="1280" height="720" depth="640" sar="16:9:8" frameRate="36" bandwidth="2000000" startWithSAP="1">
        <SegmentTemplate initialization="V_PCC_Video_init.mp4" startNumber="0" media="V_PCC_Video_${Number$.mp4}" presentationTimeOffset="0" timescale="36000"/>
      </Representation>
      - <Representation codecs="hev1.2.2.A0" mimeType="video/mp4" width="1280" height="720" depth="640" sar="16:9:8" frameRate="36" bandwidth="3000000" startWithSAP="1">
        <SegmentTemplate initialization="V_PCC_Video_init.mp4" startNumber="0" media="V_PCC_Video_${Number$.mp4}" presentationTimeOffset="0" timescale="36000"/>
      </Representation>
    </Adaptation>
  </Period>
</MPD>
```

그림 8. V-PCC MPD  
 Fig. 8. V-PCC MPD



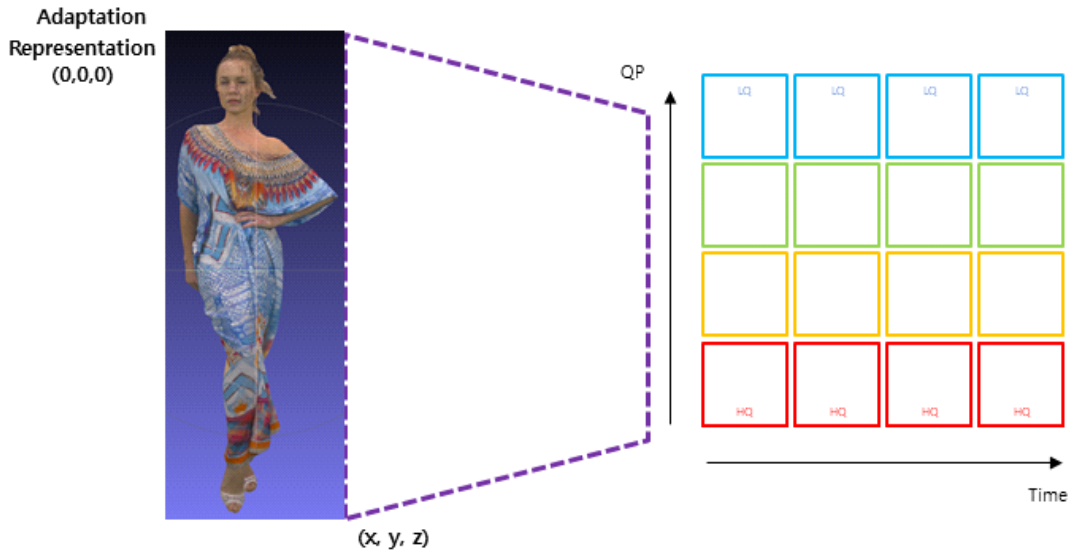


그림 9. DASH기반 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠 서비스  
 Fig. 9. DASH-based 3D point cloud content service

결과로, 클라이언트는 V-PCC MPD의 3차원 좌표 정보 ( $x, y, z$ )를 통해 재생 영역에 대한 정보를 제공받고 대역폭 상황에 따라 다양한 품질의 콘텐츠를 요청 및 제공받을 수 있음을 확인하였다.

## VI. 결론

본 논문에서는 MPEG V-PCC 부호화기를 통해 생성한 V-PCC 비트스트림 기반의 DASH 세그먼트 및 MPD 구성 방안을 제안하고, 제안된 기술을 검증하기 위해 검증플랫폼을 설계하여 사용자에게 대용량의 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠 스트리밍 서비스가 가능함을 보였다. 추후 연구를 통해 사용자의 관심 영역에 따라 선별적으로 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 전송하는 방안 등의 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## 참고 문헌 (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, 2018
- [2] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 Doc. MPEG2018/N17767, PCC Test Model Cat2, Ljubljana, July 2018.
- [3] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 Doc. MPEG2018/N17766, Common test conditions for point cloud compression, Ljubljana, July, 2018.
- [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] ISO/IEC 23009-1:2014 (Second edition), Information technology Dynamic adaptive streaming over HTTP (DASH) Part 1: Media presentation description and segment formats, 2014
- [7] MPEG DASH Industry Forum, Guidelines for Implementation: DASH-IF Interoperability Points, Retrieved April.09, 2018, from <http://dashif.org/>
- [8] TTAK.KO-07.0127/R1, "Terrestrial UHD Broadcasting Transmission and Reception - Part 3 Systems", Korea Information and Communications Technology Association, 2016.12.
- [9] Doohwan Kim, Dongkwan Lee, Kyuheon Kim, "Broadband Content Insertion Technology based on Terrestrial UHD Broadcasting MMT/ROUTE", *The Korean Society of Broadcast and Media Engineers*, Vol. 24, No. 2, pp.329-340, 2019, <https://doi.org/10.5909/JBE.2019.24.2.329> (accessed March. 15, 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



임 지 현

- 2018년 2월 : 경희대학교 전자공학과 공학사
- 2018년 3월 ~ 현재 : 경희대학교 전자공학과 석사과정
- ORCID : <http://orcid.org/0000-0003-3805-1906>
- 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 : <http://orcid.org/0000-0003-1553-936X>
- 주관심분야 : 영상처리, 멀티미디어통신, 디지털 대화형방송