

일반논문 (Regular Paper)

방송공학회논문지 제25권 제1호, 2020년 1월 (JBE Vol. 25, No. 1, January 2020)

<https://doi.org/10.5909/JBE.2020.25.1.25>

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

MMT 기반 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 영역 선별적 전송 방안

김 두 환^{a)}, 김 준 식^{a)}, 김 규 현^{a)†}

Region Selective Transmission Method of MMT based 3D Point Cloud Content

Doohwan Kim^{a)}, Junsik Kim^{a)}, and Kyuheon Kim^{a)†}

요 약

최근 하드웨어 성능뿐 아니라 영상 처리 기술의 발달로 인해 다양한 분야에서 사용자에게 자유로운 시야각과 입체감을 제공하는 3차원 포인트를 다루는 기술에 관한 연구를 지속하고 있다. 3차원 포인트를 표현하는 형식 중 포인트 클라우드 기술은 포인트를 정밀하게 획득/표현할 수 있다는 장점으로 인해 다양한 분야에서 주목받고 있다. 하지만 하나의 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 표현하기 위해 수십, 수백만 개의 포인트가 필요하므로 기존의 2차원 콘텐츠보다 많은 양의 저장 공간을 요구한다는 단점이 존재한다. 이러한 이유로, 국제 표준화 기구인 MPEG (Moving Picture Experts Group)에서는 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 효율적으로 압축 및 저장하고, 사용자에게 전송하는 방안에 대해 계속 연구를 진행 중이다. 본 논문에서는 MPEG-I (Immersive) 그룹에서 제안한 V-PCC (Video based Point Cloud Compression) 부호화기를 통해 생성된 V-PCC 비트스트림을 MMT (MPEG Media Transport) 표준에서 정의한 MPU (Media Processing Unit)로 구성하는 방안을 제안한다. 또한, MMT 표준에서 정의한 시그널링 메시지를 확장하여 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 영역 선별적 전송 방안을 위한 파라미터와 사용자의 요구에 따라 선택적으로 품질 파라미터를 결정할 수 있도록 V-PCC에서 상정하는 품질 파라미터를 추가 정의한다. 마지막으로, 본 논문에서는 제안한 기술을 기반으로 검증 플랫폼의 설계/구현을 통해 결과를 확인한다.

Abstract

Recently, the development of image processing technology, as well as hardware performance, has been continuing the research on 3D point processing technology that provides users with free viewing angle and stereoscopic effect in various fields. Point cloud technology, which is a type of representation of 3D point, has attracted attention in various fields because it can acquired/expressed point precisely. However, since Hundreds of thousands, millions of point are required to represent one 3D point cloud content, there is a disadvantage that a larger amount of storage space is required than a conventional 2D content. For this reason, the MPEG (Moving Picture Experts Group), an international standardization organization, is continuing to research how to efficiently compress, store, and transmit 3D point cloud content to users. In this paper, a V-PCC bitstream generated by a V-PCC (Video-based Point Cloud Compression) encoder proposed by the MPEG-I (Immersive) group is composed of an MPU (Media Processing Unit) defined by the MMT. In addition, by extending the signaling message defined in the MMT standard, a parameter for a segmented transmission method of the 3D point cloud content by area and quality parameters considering the characteristic of the 3D point cloud content, so that the quality parameters can be selectively determined according to the user's request. Finally, in this paper, we verify the result through design/implementation of the verification platform based on the proposed technology.

Keyword : V-PCC, MMT, MPU, MMTP

Copyright © 2020 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

미디어 기술은 실제와 같은 경험을 서비스하기 위해 발전을 거듭해 왔으며, 사용자에게 자유로운 시야각과 입체감을 제공하는 3차원 콘텐츠에 계속된 관심을 가져왔다. 그러나 기존의 하드웨어의 제한된 그래픽 처리 속도로 인해 3차원 포인트를 다각형으로 근사화한 매쉬(mesh) 모델이 사용되었다. 최근 하드웨어 성능뿐 아니라 영상 처리 기술의 발달로 인해 3차원 포인트를 직접 처리할 수 있게 되었다. 3차원 포인트를 표현하는 형식 중 하나인 포인트 클라우드[1]는 3차원 포인트를 정밀하게 획득/표현할 수 있다는 장점으로 인해 건축, 의료, 군사 등의 다양한 분야에서 계속된 주목을 받고 있으며, 최근에는 AR(Augmented Reality)/VR(Virtual Reality)의 360도 영상과 UWV(Ultra Wide Vision) 영상 등 실감형 미디어 분야까지 저변을 넓혀가고 있다^[1]. 그러나 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 표현하기 위해 수십, 수백만 개의 포인트가 필요하기 때문에 기존의 2차원 콘텐츠에 비해 많은 양의 저장 공간이 요구되며, 따라서 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 효율적으로 부호화하는 방안과 저장 및 전송에 대한 연구는 필수적이다. 이러한 이유로, 효율적인 압축 및 저장을 위해 국제 표준화 기구인 MPEG에서는 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 데이터 특성에 따라 이를 3가지의 카테고리(category)로 나누고, 표준화를 진행하고 있다^[2]. 이 중 본 논문에서 다루는 두 번째 카테고리인 동적 포인트는 2차원 공간으로 프로젝션(projection)하여 생성한 비디오 시퀀스(sequence)를 기존의 비디오 코덱을 기반으로 부호화하는 방안을 연구하고 있다. 이러한 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 부호화/복호화하는 방안은 V-PCC 라고 불리며^[3], 다양한 품질의 콘텐츠

를 지원하기 위해 비디오 코덱 기반의 품질 파라미터뿐 아니라, 포인트의 밀도를 조절하는 품질 파라미터를 지원하고 있다. 또한, MPEG에서는 V-PCC 부호화기를 통해 생성된 V-PCC 비트스트림을 기존의 파일 포맷 표준인 MPEG-ISOBMMFF(ISO Base Media File Format)의 확장을 통한 저장 방법을 고려하고 있으며^[4], V-PCC 부호화기를 통해 생성된 비트스트림을 사용자에게 효율적으로 서비스하기 위한 연구는 진행 중이다. 따라서 본 논문에서는 V-PCC 비트스트림을 차세대 멀티미디어 방송 표준인 MMT에서 정의한 MPU로 구성하는 방안을 제안한다. 또한, 네트워크 기술의 발달로 통신망을 활용한 고품질 콘텐츠의 전송이 가능해짐에 따라, 방송망과 통신망 기반의 이중망 환경에서 방송망을 통해 전달받은 콘텐츠의 일부 영역 중에 사용자의 관심 영역에 대해서는 통신망을 통해 더 나은 품질의 콘텐츠를 제공하여 오버라이트(overwrite)하는 방안을 MPEG-H MMT 그룹에서 정의한 화면 분할 전송 방안인 Layout 시그널링(signaling)^[5]을 활용하여 제안한다. 그리고 동일한 네트워크 상황에서 디바이스(device)에 따라 사용자가 중요시하는 품질 파라미터가 다르므로 사용자가 품질 파라미터를 선택할 수 있도록 V-PCC에서 상정하는 품질 파라미터들을 Layout 시그널링에서 정의한 table 및 descriptor에 추가 정의한다.

본 논문의 구성은 II장에서는 MPEG-I V-PCC 그룹에서 제안된 부호화기/복호기 및 현재 V-PCC에서 상정하고 있는 품질 파라미터에 대해 간단하게 설명한다. 또한, V-PCC 부호화기를 통해 생성된 V-PCC 비트스트림 구조에 대해 설명한다. 그리고 차세대 방송 표준인 MMT의 구조에 대해서 설명하고, 화면 분할 전송 방안인 Layout 시그널링에 대해 설명한다. III장에서는 V-PCC 비트스트림 기반의 MPU 구성 방안을 제안하고, Layout 시그널링을 활용하여 3차 포인트 클라우드 콘텐츠를 영역별로 전송하는 방안과 사용자 요구에 따라 선택적으로 품질 파라미터를 결정할 수 있도록 V-PCC에서 상정하고 있는 품질 파라미터를 사용자에게 지원하는 방안에 대해 설명한다. IV장에서는 III장에서 제안된 기술을 기반으로 설계한 검증 플랫폼 구조도를 제안하고, 해당 검증 플랫폼을 통해 생성된 결과를 V장에서 기술한다. 마지막으로 VI장에서는 제안 기술을 기반으로, 향후 포인트 클라우드 기술의 연구 진행

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 연구는 한국전력공사의 2019년 착수 에너지 거점대학 클러스터 사업에 의해 지원되었음 (과제번호: R18XA02).

※This research was supported by Korea Electric Power Corporation. (Grant number:R18XA02).

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

방향에 대해 논의한다.

II. 배경 기술

본 장에서는 본 논문에서 제안하는 방안의 배경기술인 V-PCC 부호화기/복호기와 현재 V-PCC에서 상정하고 있는 품질 파라미터들에 대해 간략히 설명한다. 또한, V-PCC 부호화기를 통해 생성된 V-PCC 비트스트림 구조에 대해 설명한다. 그리고 차세대 방송 표준인 MMT의 계층 구조에 대해서 설명하고, 화면 분할 전송 방안인 Layout 시그널링에 대해 설명한다.

1. V-PCC 부호화기/복호기 및 품질 변화 지원 방안

본 절에서는 MPEG-I V-PCC 그룹에서 제안한 V-PCC 부호화기 및 복호기에 대해 설명한다^[3]. V-PCC 부호화기는 앞서 발전한 2차원 비디오 코덱을 활용하는 것이 특징이며, 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠가 입력되면 2차원 공간에 각 포인트를 사영하여 패치(Patch)를 생성한다. 2차원 공간에 생성된 패치는 위치 정보를 나타내는 기하 영상과 색상 정보를 나타내는 색상 영상으로 각각 생성된다. 또한, 복호에 필요한 각 패치의 사영 평면 정보 및 패치 크기 정보는 auxiliary patch information으로 전달되며, 생성된 패치들을 패킹(packing)하면서 각 픽셀에 대한 포인트의 존재 여부를 binary map으로 나타낸 occupancy map을 생성한다. 앞서 언급한 바와 같이, 기하 및 색상 영상과 occupancy map은 기존의 비디오 코덱으로 부호화되며, auxiliary patch information은 엔트로피 코딩(entropy coding)을 사용하여 부호화한다. V-PCC 복호기는 부호화된 기하 및 색상 영상을 복호화하고, occupancy map과 auxiliary patch information을 이용하여 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 재구성한다.

현재 V-PCC는 다양한 품질의 콘텐츠를 지원하기 위해 기존 비디오 코덱 기반의 양자화 계수(QP: Quantization Parameter)의 변경을 지원할 뿐만 아니라, 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 기하 정보를 정수로 나눠 3차원 공간 내 포인트 간의 밀도(LoD : Level of Detail)를 변경하는 방법을 지원한다. 이 중 QP는 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의

정밀도를 조절하고, LoD는 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 포인트 개수를 변경한다.

2. V-PCC 비트스트림 구조

상기 절에서 V-PCC 부호화기/복호기의 동작에 대해 간략하게 설명하였고, 본 절에서는 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 입력으로 V-PCC 부호화기를 통해 생성된 V-PCC 비트스트림의 구조에 대해 설명한다^[8]. V-PCC 비트스트림은 V-PCC Unit의 집합으로, V-PCC Unit은 헤더와 페이로드로 구성된다. V-PCC Unit의 헤더는 페이로드 데이터의 종류와 크기에 대한 정보를 포함하며, V-PCC Unit의 페이로드 데이터는 V-PCC 비트스트림의 전체적인 부호화 정보를 나타내는 SPS (Sequence Parameter Set), 패치로 구성된 비디오 시퀀스의 부호화 정보, 패치마다 부호화 정보를 나타내는 PSD (Patch Sequence Data)와 기하 영상, 색상 영상, occupancy map 데이터로 구성된다.

3. MMT / Layout 시그널링

MMT는 멀티미디어 데이터 전송을 위한 차세대 방송표준으로^[5], MMT의 구조는 기능에 따라 콘텐츠 구성, 전송, 시그널링 기능으로 구성된다. 콘텐츠 구성 기능은 미디어 데이터를 파일 포맷 표준을 기반으로 독립적으로 소비 가능한 MPU를 지원한다. 전송 기능은 생성된 MPU를 전송하기 위한 전송 프로토콜 MMTP (MPEG Media Transport Protocol)를 지원하고, 시그널링 메시지 기능은 미디어 콘텐츠 전송 및 소비를 관리하는 정보를 제공한다. MMT의 대표적인 시그널링 메시지는 패키지로의 접근에 사용되는 PA (Package Access) 메시지, CI의 전송을 위해 사용하는 MPI (Media Presentation Information) 메시지, 패키지 내의 미디어의 정보를 포함하는 MPT (MMT Package Table) 메시지 등이 있다. 또한, 최근 MPEG-H MMT 그룹에서 화면을 분할하고, 각 분할된 화면에 각기 다른 영상을 재생하는 서비스를 제공하기 위해 MMT 확장 표준인 Layout 시그널링의 표준화를 진행하였다. Layout 시그널링에서 정의한 table 및 descriptor는 'Layout configuration table', 'MPU presentation region descriptor', 'Asset group

descriptor'로 구성되며, 본 논문에서는 제안하는 기술에 필요한 'Layout configuration table' 및 'MPU presentation region descriptor'에 대해서만 기술한다.

Layout 시그널링에서 정의한 'Layout configuration table'의 구문은 <표 1>과 같고^{[5][7]}, 'Layout configuration table'은 크게 layout_number, device_id, number_of_region으로 구성된다. 하나의 layout_number는 하나의 device_id와 연결되고, 하나의 number_of_region은 하나 이상의 region으로 구성된다. 각 region은 region_number로 구분되며, 좌표 정보인 (left_top_pos_x, left_top_pos_y), (right_down_pos_x, right_down_pos_y)를 통해 region 즉, 분할 영역의 위치 정보를 나타낼 수 있다. 이와 같이, 'Layout configuration table'은 디바이스(device)의 화면 안에 하나 이상의 region으로 나누고 각 region에 재생될 미디어 정보는 'MPU presentation region descriptor'를 통해 제공한다. 'Layout configuration table'은 PA message의 'table'의 일부로 전송된다.

표 1. Layout configuration table 구문
Table 1. Layout configuration table syntax

Syntax	No. of bits	Mnemonic
Layout_configuration_table() {		
<i>table_id</i>	8	uimsbf
<i>version</i>	8	uimsbf
<i>length</i>	16	uimsbf
<i>number_of_loops</i>	8	uimsbf
for (i=0; i<N; i++) {		
<i>layout_number</i>	8	uimsbf
<i>device_id</i>	8	uimsbf
<i>number_of_region</i>	8	uimsbf
for (i=0; i<M; i++) {		
<i>region_number</i>	8	uimsbf
<i>left_top_pos_x</i>	8	uimsbf
<i>left_top_pos_y</i>	8	uimsbf
<i>right_down_pos_x</i>	8	uimsbf
<i>right_down_pos_y</i>	8	uimsbf
<i>layer_order</i>		
}		
<i>descriptor ()</i>		
}		
}		

Layout 시그널링에서 정의한 'MPU presentation region descriptor'의 구문은 <표 2>와 같고^{[5][7]}, 'MPU presentation region descriptor'의 layout_number와 region_number를 통해 디바이스의 화면 안에 region의 식별자 정보를 제공하고, mpu_sequence_number를 통해 region내 재생될 MPU의 순번에 대한 정보를 제공한다. 'MPU presentation region descriptor'는 MP 테이블 내 'asset descriptor'의 하나로 전송된다.

표 2. MPU presentation region descriptor 구문
Table 2. MPU presentation region descriptor syntax

Syntax	No. of bits	Mnemonic
MPU_Presentation_Region_Descriptor() {		
<i>descriptor_tag</i>	16	uimsbf
<i>descriptor_length</i>	8	uimsbf
for (i=0; i<N; i++) {		
<i>mpu_sequence_number</i>	32	uimsbf
<i>layout_number</i>	8	uimsbf
<i>region_number</i>	8	uimsbf
<i>length_of_reserved</i>	8	
for(j=0; j<M; j++){		
reserved_future_use	8	bslbf
}		
}		
}		

III. V-PCC 비트스트림 기반 MPU 구성 방안 및 포인트 클라우드 콘텐츠의 선별적인 전송 지원 방안

본 장에서는 II장에서 기술한 배경 기술 기반으로, V-PCC 비트스트림을 MMT 표준에서 정의한 MPU로 구성하는 방안을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 V-PCC 비트스트림 기반의 MPU 구성 방안은 하나의 MPU를 통해 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 복원할 수 있도록 하나 이상의 media track으로 구성하였고, 기존 MMT 표준의 제약 조건인 MPU는 하나의 media track을 가져야 한다는 규격 변경이 요구된다. 또한, 기존 Layout 시그널링에서 정의한 'Layout configuration table'의 확장을 통해 3차원 포인트

클라우드 콘텐츠를 영역별로 분할하는 방안에 대해 설명한다. 그리고 동일한 네트워크 상황에서 디바이스에 따라 사용자가 중요시하는 품질 파라미터가 다르므로 사용자의 요구에 맞는 품질의 콘텐츠가 선택될 수 있도록 Layout 시그널링에서 정의한 ‘MPU presentation region descriptor’에 V-PCC에서 상정하는 품질 파라미터인 QP와 LoD에 대해 추가 정의한다. 이는 2차원 영상에 적용하기 위해 정의된 기존 Layout 시그널링의 ‘table’ 및 ‘descriptor’를 변경하므로, Layout 시그널링의 규격 변경 및 추가 정의가 요구된다.

1. V-PCC 비트스트림 기반의 MPU 구성 방안

본 논문에서 제안하는 V-PCC 비트스트림 기반의 MPU 구성 방안은 기존의 파일 포맷표준인 MPEG-ISOBMMF의 확장을 통해 V-PCC 비트스트림의 부호화 파라미터 및 부호화된 데이터를 고려한 구성 방안으로 <그림 1>과 같다. 본 논문에서 제안하는 V-PCC 비트스트림 기반의 MPU는 ‘ftyp’ 박스, ‘mmpu’ 박스, ‘moov’ 박스, ‘moof’ 박스, ‘mdat’ 박스로 구성된다. ‘ftyp’ 박스는 파일 호환성 정보를 가지고

있는 박스로, V-PCC 비트스트림 기반의 MPU의 ‘ftyp’ 박스는 major brand는 ‘mpuf’로 설정되며, compatible brands는 ‘volm’을 포함한다. 또한, ‘mmpu’ 박스는 asset_id, mpu_sequence_number 등의 MPU의 독립성과 관련된 정보를 포함한다. 그리고 ‘moov’ 박스는 V-PCC 비트스트림의 부호화 정보 및 MPU에서 MFU (Media Fragment Unit)로의 변환 정보를 포함하며, PCC Metadata, Geometry, Texture, Occupancy map, MMT Hint ‘trak’ 박스로 구성된다. PCC Metadata ‘trak’ 박스는 V-PCC 비트스트림 간의 관계 정보를 나타내는 ‘tref’ 박스를 포함하고, 전체 비트스트림의 부호화 정보 및 auxiliary patch information을 포함하는 Point cloud sample entry로 구성된다. 또한, Geometry, Texture, Occupancy map ‘trak’ 박스는 각각 비디오 시퀀스 부호화 정보 및 패치 부호화 정보를 Restricted sample entry에 포함하고, MMT Hint ‘trak’ 박스는 MPU에서 MFU로의 변환에 관한 정보를 포함한다. MMT Hint ‘trak’ 박스의 ‘mmth’ 박스를 통해 해당 데이터가 Timed인지 Non-timed인지 구별하는 변수나, 각 asset을 구분할 수 있는 변수인 packet_id 등의 정보를 제공한다. ‘moof’ 박스

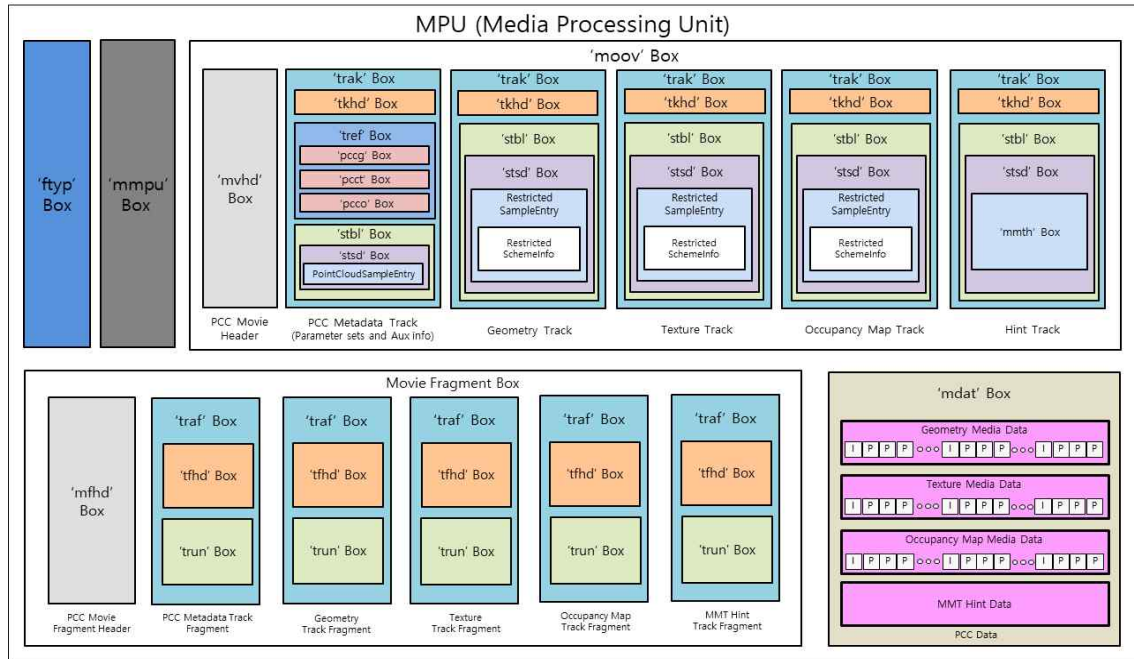


그림 1. V-PCC 비트스트림 기반의 MPU 구성 예시
Fig. 1. Example of V-PCC bitstream based MPU configuration

는 재생 정보를 포함하며, PCC Metadata, Geometry, Texture, Occupancy map, MMT Hint ‘traf’ 박스를 포함한다. 각각의 ‘traf’ 박스는 재생에 관한 메타 데이터를 포함하고, ‘mdat’ 박스는 기하 영상, 색상 영상, Occupancy map, MMT Hint 데이터로 구성된다.

2. 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 영역 분할 전송 및 품질 파라미터 지원 방안

Layout 시그널링은 상기 II장에서 설명한 바와 같이 디바이스의 화면을 좌표 정보를 통해 영역별로 나누고, 분할된 영역에 각기 다른 영상을 서비스할 수 있는 기술이다. 본 장에서는 Layout 시그널링을 활용하여 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 영역별로 나누고, 분할된 영역에 대해 선별적으로 콘텐츠를 지원하는 방안에 대해 설명한다.

기존 Layout 시그널링에서 정의한 ‘Layout configuration table’은 2차원 영상을 2차원의 좌표 정보를 통해 영역별로 분할하는 방안으로, 본 논문에서는 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠와 같은 3차원 영상에 적용하기 위해서는 깊이 파라미터에 대한 추가로 정의한다.

표 3. 확장된 layout configuration table 구문

Table 3. Extended layout configuration table syntax

Syntax	No. of bits	Mnemonic
Layout_configuration_table() {		
<i>table_id</i>	8	uimsbf
<i>version</i>	8	uimsbf
<i>length</i>	16	uimsbf
<i>number_of_loops</i>	8	uimsbf
for (i=0; i<N; i++) {		
<i>layout_number</i>	8	uimsbf
<i>device_id</i>	8	uimsbf
<i>number_of_region</i>	8	uimsbf
for (i=0; i<M; i++) {		
<i>region_number</i>	8	uimsbf
<i>left_top_pos_x</i>	8	uimsbf
<i>left_top_pos_y</i>	8	uimsbf
<i>left_top_pos_z</i>	8	uimsbf
<i>right_down_pos_x</i>	8	uimsbf
<i>right_down_pos_y</i>	8	uimsbf
<i>right_down_pos_z</i>	8	uimsbf
<i>layer_order</i>	8	uimsbf
}		
}		
<i>descriptor ()</i>		
}		

본 장에서는 <표 3>과 같이, ‘Layout configuration table’의 확장을 통해 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 영역별로 분할하는 방안에 대해 설명한다. 하나의 *layout_number*는 하나의 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠와 매칭 되고, 하나의 *layout*은 하나 이상의 *region*으로 구성된다. 또한, 각 *region*은 좌측 상단의 (*left_top_pos_x*, *left_top_pos_y*, *left_top_pos_z*) 좌표와 우측 하단의 (*right_down_pos_x*, *right_down_pos_y*, *right_down_pos_z*) 좌표를 통해 3차원 타일을 형성을 형성하고, 이를 통해 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 영역별로 나눈다.

확장된 ‘Layout configuration table’을 통해 3차원 좌표 정보를 통해서 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 영역별로 분할하는 방안에 대해 설명하였다. 또한, 본 장에서는 사용자에게 영역별로 재생될 콘텐츠의 정보를 제공하는 ‘MPU presentation region descriptor’의 확장을 통해 V-PCC에서 상정하는 품질 파라미터인 QP와 LoD에 대해 추가로 정의한다.

표 4. 확장된 MPU presentation region descriptor 구조

Table 4. Extended MPU presentation region descriptor syntax

Syntax	No. of bits	Mnemonic
MPU_Presentation_Region_Descriptor() {		
<i>descriptor_tag</i>	16	uimsbf
<i>descriptor_length</i>	8	uimsbf
for (i=0; i<N; i++) {		
<i>mpu_sequence_number</i>	32	uimsbf
<i>layout_number</i>	8	uimsbf
<i>region_number</i>	8	uimsbf
<i>QuantizationParameter</i>	32	uimsbf
<i>Levelofdetail</i>	32	uimsbf
<i>length_of_reserved</i>	8	uimsbf
}		

<표 4>에서 볼 수 있듯이, 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 양자화 레벨을 나타내는 품질 파라미터인 QP는 정수로 설정되고, ‘1’에서 ‘5’까지 설정 가능하며 ‘1’에 가까울수록 원본 콘텐츠의 포인트 유사하다. 또한, 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 포인트간의 밀도를 나타내는 품질 파라미터인 LoD는 정수로 설정되고, ‘1’에서 ‘5’까지 설정 가능하며 ‘1’에 가까울수록 원본 콘텐츠와 3차원 공간 내 포인트의

밀도가 유사하다.

Ⅳ. 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 영역 분할 전송 및 품질 파라미터 방안 지원 MMT 기반 검증 플랫폼

Ⅲ장에서는 V-PCC 비트스트림을 MMT 표준에서 정의한 MPU로 구성하는 방안을 제안하였다. 또한, 기존의 Layout 시그널링에서 정의한 ‘Layout configuration table’ 및 ‘MPU presentation region descriptor’를 활용하여 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 영역별로 다양한 품질로 서비스하는 방안에 대해 설명하였다. 본 장에서는 Ⅲ장에서 제안된 기술을 기반으로 설계한 MMT 기반의 검증 플랫폼 구조도에 대해 설명한다.

1. 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 MMT 기반 검증 플랫폼 구조도

본 장에서는 제안된 기술을 토대로 설계한 MMT 기반의 검증 플랫폼 구조도는 <그림 2>와 같다. 본 논문에서 설계한 검증 플랫폼의 서버는 V-PCC 부호화기, MPU/Signaling message Generator, MMTP Packet Generator로 구성되며,

V-PCC 부호화기는 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 입력으로 받아 V-PCC 비트스트림을 생성한다. 또한, MPU/Signaling message Generator는 V-PCC 비트스트림을 전달받아 V-PCC 비트스트림 기반의 MPU 및 MMT 시그널링 메시지를 생성한다. 그리고 MMTP Packet Generator는 V-PCC 비트스트림 기반의 MPU 및 MMT 시그널링 메시지 전달받아, MMTP 패킷을 생성하여 방송망을 통해 클라이언트로 전송한다. 본 논문에서 설계한 검증 플랫폼의 클라이언트는 MMTP Depacketizer, MPU/Signaling message Rebuilder, MPU/Signaling message Parser, V-PCC 복호기/렌더러(Renderer)로 구성되고, 클라이언트는 전달받은 MMTP 패킷을 MMTP Depacketizer와 MPU/Signaling message Rebuilder로 전달하여 V-PCC 비트스트림 기반의 MPU 및 MMT 시그널링 메시지를 재구성한다. 또한, MPU/Signaling message Parser는 재구성된 V-PCC 비트스트림 기반의 MPU 및 MMT 시그널링 메시지를 통해 V-PCC 비트스트림 기반의 MPU를 파싱(parsing)하여 얻어낸 부호화 정보 및 부호화된 데이터를 V-PCC 복호기로 전달한다. 그리고 V-PCC 복호기는 부호화 정보와 부호화 데이터를 통해 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 복호하고, V-PCC 렌더러를 통해 재생한다. 추가적으로 MPU/Signaling message Parser는 MMT 시그널링 메시지의 ‘Layout config-

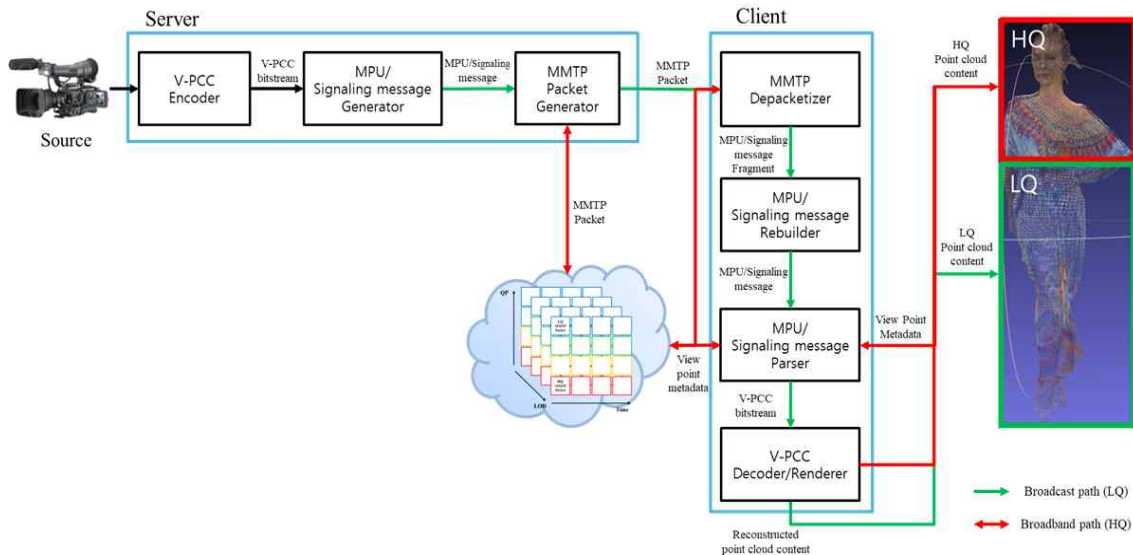


그림 2. MMT 기반의 검증 플랫폼 구조도
Fig. 2. MMT based verification platform structure

uration table'을 파싱하여 얻어낸 영역별 공간 정보 및 사용자 관심 영역 정보를 통해 결정된 영역에 대해 네트워크 상황과 사용자의 요구사항에 따라 선택적으로 품질 파라미터를 결정하여 서버에게 콘텐츠를 요청함으로써, 업데이트된 'MPU presentation region descriptor' 및 고화질로 부호화된 MPU를 통신망을 통해 제공 받을 수 있다.

V. 실험 결과

상기 III장에서는 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 MMT 프로토콜을 통해 서비스하기 위한 V-PCC 비트스트림 기반의 MPU 구성 방안을 제안하였고, 상기 IV장에서는 제안된 기술 기반으로 설계한 검증 플랫폼 구조도에 대해 설명하였다. 본 장에서는 본 논문에서 제안된 검증 플랫폼을 실제로 구현하고, 서비스 결과를 통해 제안 기술의 타당성을 확인한다. 검증플랫폼은 통합개발환경(IDE)

인 Visual Studio 2015에서 C++언어를 사용하여 구현하였으며, 본 논문에서는 MMTP 패킷은 방송망을 통해 전송되는 시나리오를 설계하였으나 실험에서는 방송망의 대용으로 UDP망을 사용하였다. 또한, 통신망의 서버는 프리웨어인 HFS(HTTP File Server)를 사용하였고, UDP 서버의 포트번호는 21006, HTTP서버의 포트번호는 21007로 임의로 결정하였다. 그리고 V-PCC 부호화기/복호기는 MPEG-I PCC 그룹에서 제공하는 V-PCC Test Model Category 2 v5.0(TMC2v5.0)^[3]를 사용하고, 실험에 사용된 콘텐츠는 CTC(Common Test Condition)^[9]기반으로 부호화/복호하였다. 본 실험에서는 비실시간의 서비스를 목표로 진행하였기 때문에, 고화질의 콘텐츠로 오버라이트 되는 영역에 대해서는 미리 다운로드를 통해 버퍼링하여 실험을 진행하였다.

1. V-PCC 비트스트림 기반의 MPU

해당 검증 플랫폼의 MMT Generator에서 생성한 V-PCC

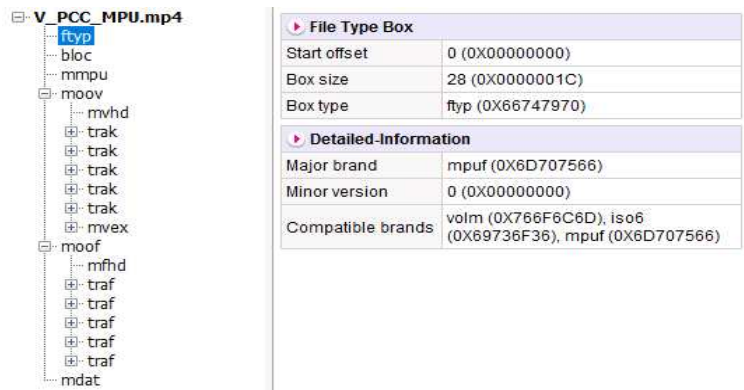


그림 3. V-PCC 비트스트림 기반의 MPU

Fig. 3. MPU based on V-PCC bitstream

0000	00 00 00 00 00 00 00 00	01 01 00 5d 00 00 00 00	]....
0010	00 00 56 02 00 00 00 29	01 00 00 1c 00 00 00 29	..V....)
0020	02 00 00 05 0f 31 36 33	2e 31 38 30 2e 31 37 37	163 .180.177
0030	2e 32 31 39 fe cd cd 05	0f 31 36 33 2e 31 38 30	.219.... .163.180
0040	2e 31 37 37 2e 32 31 39	fe 01 00 00 1c 01 00 00	.177.219
0050	03 00 00 00 00 01 01 01	00 01 00 01 00 01 02 01	
0060	01 02 00 02 00 01 03 01	02	

그림 4. PA 메시지 (Layout configuration table)

Fig. 4. PA message (Layout configuration table)

비트스트림 기반의 MPU는 <그림 3>과 같다. 상기 III장에서 설명한 바와 같이, V-PCC 비트스트림 기반의 MPU는 ‘ftyp’ 박스, ‘mmpu’ 박스, ‘moov’ 박스, ‘moof’ 박스, ‘mdat’ 박스를 포함한다. ‘ftyp’ 박스의 major brand에는 ‘mpuf’로 설정되며, ‘mmpu’ 박스는 MPU의 독립성과 관련된 정보를 포함한다. 또한, ‘moov’ 박스는 V-PCC 비트스트림의 부호화 정보 및 MPU를 MFU로 변환하기 위한 정보를 포함하며, PCC Metadata, Geometry, Texture, Occupancy map, MMT Hint ‘trak’로 구성된다. 그리고 ‘moof’ 박스와 ‘mdat’ 박스는 콘텐츠의 재생 정보와 부호화된 데이터를 포함한다.

2. PA message (Layout configuration table) & MPT message (MPU presentation region descriptor)

상기 III장에서는 Layout 시그널링의 ‘Layout configuration table’을 통해 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 영역별로 나누어 서비스하기 위해 깊이 정보 파라미터를 추가 정의하였다. 해당 검증 플랫폼의 MMT Generator에서 생성한 ‘Layout configuration table’을 포함한 PA 메시지는 <그림 4>와 같다. ‘Layout configuration table’의 layout_

number는 해당 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 나타내며, layout_number는 ‘1’로 설정하였다. 또한, 검증 플랫폼의 서버는 region_number를 ‘3’으로 설정하여 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 3개의 영역으로 나누었고, 각 영역은 Region 1{(0, 0, 0), (1, 1, 1)}, Region 2{(0, 1, 0), (1, 2, 1)}, Region 3{(0, 2, 0), (1, 3, 1)}로 구성된다.

상기 III장에서는 Layout 시그널링의 ‘MPU presentation region descriptor’를 통해 영역별로 재생될 콘텐츠의 품질 파라미터 지원 방안을 제안하였다. 해당 검증 플랫폼의 MMT Generator에서 생성한 ‘MPU presentation region descriptor’를 포함한 MPT 메시지는 <그림 5>와 같다. 검증 플랫폼의 서버는 하나의 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 3개의 영역으로 나누고, 영역 별로 품질 파라미터 (QP : 1, LoD : 1), (QP : 5, LoD : 1), (QP : 1, LoD : 2)로 설정된 콘텐츠를 생성하였기 때문에 ‘MPU presentation region descriptor’를 통해 각 영역 별로 재생될 콘텐츠의 정보를 사용자에게 전달한다.

3. 제안 기술 기반의 재생 결과

본 논문에서 제안된 검증 플랫폼을 통해 품질 파라미터 별로 재구성된 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠를 재생한 결

0000	00 00 00 02 00 00 00 02	01 01 00 73 00 20 00 00	s. ..
0010	6e 20 00 00 6a fc 0b 4d	4d 54 5f 70 61 63 6b 61	n ..j..M MT_packa
0020	67 65 00 02 00 00 00 00	00 00 00 00 01 31 6d 70	ge..... .1mp
0030	34 76 38 01 00 00 00 00	00 30 00 00 00 00 00 00	4v8..... .0.....
0040	0a 00 00 00 00 00 03 00	00 00 03 00 00 00 0a 00	
0050	01 00 00 00 03 00 00 00	03 00 00 00 00 0a 00 02 00	
0060	00 00 03 00 00 00 03 00	00 00 00 00 00 00 00 01	
0070	32 6d 70 34 61 38 01 00	00 00 00 00 00	2mp4a8.. ..

그림 5. MPT 메시지 (MPU presentation region descriptor)

Fig. 5. MPT message (MPU presentation region descriptor)

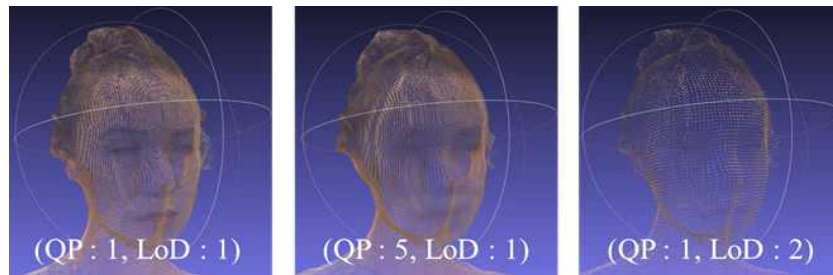


그림 6. 품질 파라미터별 재생 결과

Fig. 6. Playback results by quality parameters

과는 <그림 6>과 같다. 품질 파라미터가 (OP : 1, LoD : 1)일 때, 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠는 원본 콘텐츠와 가장 유사하며, 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠는 693,635 개의 포인트로 구성되고 콘텐츠의 크기는 192,497바이트임을 확인하였다. 또한, 품질 파라미터가 (OP : 5, LoD : 1)일 때, 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠는 품질 파라미터가 (OP : 1, LoD : 1)일 때의 콘텐츠와 비교했을 때 LoD의 값이 변경되지 않았기 때문에 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 포인트는 693,635개로 구성되고, QP가 커짐에 따라 콘텐츠의 정밀도가 떨어져 콘텐츠의 크기는 20,360 바이트로 줄어든 것을 확인할 수 있었다. 그리고 품질 파라미터가 (OP : 1, LoD : 2)일 때, 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠는 품질 파라미터가 (OP : 1, LoD : 1)일 때의 콘텐츠와 비교했을 때 LoD의 값이 변경되었기 때문에 3차원 포인트 클라우드 콘텐츠의 포인트의 개수는 185,121개로 줄어들고 콘텐츠의 크기도 47,022바이트로 작아졌으며, LoD의 값이 '1'인 다른 콘텐츠들과 비교했을 때, 포인트의 개수가 현저하게 작아진 것을 식별할 수 있다.

<그림 7>은 본 논문에서 제안된 기술을 기반으로 이중망 환경의 검증 플랫폼에서 서비스한 결과이다. 우선, 검증 플랫폼의 클라이언트는 MPT 메시지의 'MPU presentation

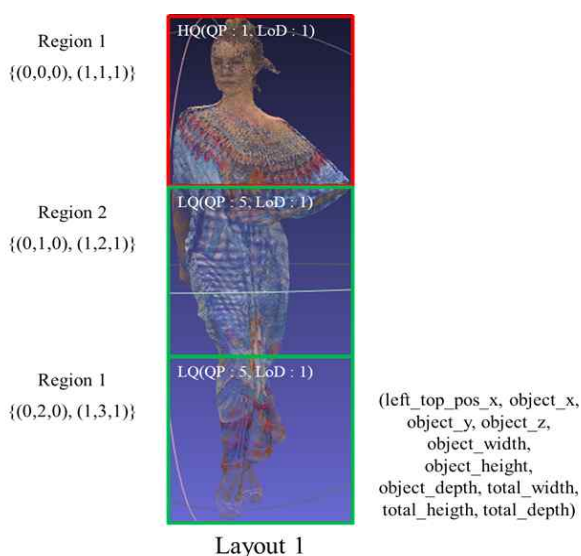


그림 7. 포인트 클라우드 콘텐츠 영역 분할 전송 방안의 서비스 결과
Fig. 7. Service results of point cloud contents region division transfer method

region descriptor'를 통해 영역별로 콘텐츠의 품질 파라미터를 제공받고, 방송망을 통해서 전송되는 LQ(Low Quality)의 콘텐츠를 재생한다. 그리고 사용자 관심 영역에 따라 결정된 영역인 Region 1{(0, 0, 0), (1, 1, 1)}에 대해 네트워크 상황이 허용하는 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 V-PCC 부호화기를 통해 생성된 V-PCC 비트스트림을 차세대 방송 표준인 MMT를 통해 전송하기 위한 콘텐츠 구성 방안을 제안하였다. 또한, Layout 시그널링의 확장을 통해 네트워크 상황 및 사용자 관심 영역에 따라 영역별로 다양한 품질의 콘텐츠를 제공하는 방안을 제안하였다. 그리고 제안된 기술을 검증하기 위한 검증 플랫폼을 설계하고, 설계된 검증 플랫폼을 통해 결과를 확인하였다. 본 논문에서 제안한 기술을 통해 영역별 다양한 품질의 콘텐츠 지원이 가능함을 보였고, 추후 연구를 통해 자율주행, 건축 분야 등에서 사용되는 G-PCC (Geometry based Point Cloud Compression) 콘텐츠의 실시간으로 변환하는 정보를 파악하고, 전달하는 방안 등의 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌 (References)

- [1] Jung-Woo Kim, Seung-Woo Seo, "Implementation of 3D Point Cloud Segmentation Algorithm in Road Environment for Autonomous Vehicle", THE INSTITUTE OF ELECTRONICS ENGINEERS OF KOREA, Vol. 2016, No. 11, pp.646-647, 2016
- [2] Jiheon Im, Junsik Kim, Kyuhea 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
- [3] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 Doc. MPEG2019/N18176, V-PCC Test Model v5, Marrakech, January, 2019.
- [4] ISO/IEC 14496-12 - MPEG-4 Part 12, ISO base media file format, 2014.07
- [5] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 Doc. MPEG2019/N18427, Information Technology - High efficiency coding and media delivery in heterogeneous environments - Part 1:MPEG Media Transport(MMT), Geneva,

- March, 2019
- [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, 2019, <https://doi.org/10.5909/JBE.2019.24.4.660>(accessed July, 15, 2019)
- [7] Junsik Kim, Dongjin Kang, Euisang Lee, "Signaling Method for Spatial Adjacency Matrix of UWP media in MPEG Media Transport Environment", The Korean Society of Broadcast and Media Engineers, Vol. 23, No. 2, pp.261-273, 2018, <https://doi.org/10.5909/JBE.2018.23.2.261>(accessed March 30, 2018)
- [8] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 Doc. MPEG2019/N18180, Video-based Point Cloud Compression, Marrakesh, January, 2019
- [9] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 Doc. MPEG2019/N18175, Common Test Conditions for PCC, Marrakech, 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



김 준 식

- 2017년 : 경희대학교 전자전파공학과 공학사
- 2019년 : 경희대학교 전자공학과 공학석사
- 2019년 ~ 현재 : 경희대학교 전자공학과 박사과정
- ORCID : <https://orcid.org/0000-0002-0287-9640>
- 주관심분야 : 포인트 클라우드 압축, 영상처리, 멀티미디어 시스템, 디지털 대화형 방송



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