

# 360도 영상을 이용한 AR/VR 콘텐츠 생성

## I. 서론

방송 시스템이 과거 아날로그 방식에서 지금의 디지털 방식으로 전환되면서 동영상 국제 표준화 기구인 MPEG(moving picture experts group)에서는 1988년부터 영상 데이터를 효율적으로 부호화하기 위한 국제표준화 작업을 수행해 오고 있다. 2000년대에 들어서 MPEG은 단일 시점을 갖는 2차원 영상의 부호화뿐만 아니라 다시점 영상을 부호화(multi-view video coding, MVC)하는 표준화 작업도 진행했으며, 2010년대 초반에는 MVC에 깊이영상 부호화를 추가한 3차원 영상 부호화(3D video coding, 3DVC)의 표준화 작업을 수행했다<sup>[1-2]</sup>.

MPEG 그룹은 또 다른 동영상 국제 표준화 기구인 ITU-T 산하의 VCEG(video coding experts group)과 함께 JCT-VC(joint collaborative team on video coding)라는 공동작업팀을 만들어 동영상 부호기를 개발하기도 했다. 그 대표적인 부호기로는 현재 널리 사용되고 있는 H.264/AVC 표준이 있으며, 2013년에는 HD(high definition)보다 4배 이상의 해상도를 갖는 UHD(ultra high definition) 영상의 부호화를 위해 H.265/HEVC(high efficiency video coding) 표준을 만들었다. H.265/HEVC 표준은 이전 영상 부호기인 H.264/AVC 표준보다 약 2배 이상의 높은 압축 효율을 갖는다. 또한 HEVC의 기능을 확장해 다시점 영상과 3차원 영상을 부호화하는 MV-HEVC와 3D-HEVC 부호기가 개발되기도 했다.

UHD 영상에 대한 부호기가 개발되고 이를 활용하는 실감방송 콘텐츠가 증가함에 따라 가정에서 이러한 콘텐츠를 시청하는 사람들의 수도 증가하게 되었다. 이에 따라 많은 사람들은 기존의 콘텐츠보다 시간적이나 공간적 제약으로부터 자유로운 실감방송 콘텐츠를 원하게 되었다. 이러한 이유로 최근 많은 콘텐츠 제작 기업 또는 연구기관에서는



호요성

GIST 전기전자컴퓨터공학부



〈그림 1〉 AR/VR 디스플레이 기기

증강현실(augmented reality, AR)과 가상현실(virtual reality, VR)을 활용한 몰입형 영상 콘텐츠 제작에 힘을 쏟고 있다<sup>[3]</sup>.

AR 영상 콘텐츠는 실제 환경에 가상의 3차원 영상을 혼합해 보여준다. 반면, VR 영상 콘텐츠는 오로지 가상의 3차원 영상만을 사용해 제작된다. 이러한 AR/VR 콘텐츠들은 디스플레이 기기인 HMD(head mounted display)를 통해 사용자들이 더욱 실감나는 체험을 할 수 있게 해 주었으며, 많은 사람들이 일상생활에서 AR/VR 영상 콘텐츠를 더 많이 접할 수 있도록 해 주었다. 〈그림 1〉에 나온 Microsoft의 HoloLens와 Sony에서 만든 PlayStation VR은 각각 AR/VR 디스플레이의 대표적인 기기이다<sup>[4-5]</sup>.

HMD를 통한 영상 콘텐츠 시청은 사용자가 체험하는 시점의 자유도가 높아 기존의 디스플레이 기기보다 영상 콘텐츠를 더욱 실감나게 체험할 수 있다. 이러한 HMD의 장점을 활용하기 위해 최근 여러 회사에서 다양한 360도 영상 콘텐츠를 제작하고 있다. 360도 영상 콘텐츠의 종류로는 현실 세계를 360도 카메라 시스템으로 촬영해 만든 것과 AR/VR을 기반으로 만든 것들이 있다. 360도 영상 콘텐츠는 시간과 장소에 구애받지 않아 음악, 미술과 같은 예술 및 교육 분야에 유용하게 사용될 수 있다. 이처럼 각 분야의 360도 영상 콘텐츠 수요가 증가함에 따라, 최근 MPEG에서도 360도 영상의 효율적인 전송을 위해 360도 영상 부호화에 대한 표준화 논의가 진행되고 있다.

## II. 360도 영상 촬영 시스템

360도 영상 콘텐츠는 〈그림 2〉와 같이 콘텐츠를 시청하는 사용자를 기준으로 전방위 시점의 영상을 제공한다. 〈그림 2〉는 360도 영상을 등방향 투영법(equirectangular projection, ERP)으로 변환시킨 결과를 보여준다. 이처럼



〈그림 2〉 360도 영상의 등방향 투영법 변환 결과

가상 환경이 아닌 실제 환경에서 360도 영상을 획득하기 위해서는 전방위 시점의 영상을 촬영할 수 있는 카메라 시스템이 필요하다.

초기의 360도 카메라 시스템은 〈그림 3〉처럼 Google의 Jump 카메라와 같이 여러 대의 액션 카메라를 하나의 리그(rig)에 장착해 만들었다<sup>[6]</sup>.

Facebook에서도 Google Jump와 같이 동기화된 여러 대의 색상 카메라로 360도 영상을 촬영하는 하드웨어를 개발했다<sup>[7]</sup>. 이후, Facebook에서는 〈그림 4〉와 같은 더 작은 카메라 리그를 사용해 만든 구 형태의 새로운 Surround 360을 제작했다<sup>[8]</sup>. 새로운 Surround 360은 24대의 카메라로 만들어진 x24와 6대의 카메라로 구성된 x6, 두 종류의 형태가 있으며, 새로운 Surround 360은 영상의 깊이 정보도 제공한다. 따라서 이 카메라를 활용해 360도 영상 콘텐츠를 제작할 경우, 사용자는 고개를 상, 하, 좌, 우로 움직일 수 있을 뿐만 아니라 몸을 앞 뒤로도 움직일 수 있는 6DoF(degree of freedom) 영상 콘텐츠를 체험할 수 있다.

최근에는 어안렌즈를 사용한 360도 카메라 시스템이



〈그림 3〉 Google의 Jump



〈그림 4〉 Facebook의 Surround 360 최신 모델



〈그림 5〉 삼성의 Gear 360(2017)



〈그림 6〉 Kodak의 SP360 4K

개발되고 있다. 이러한 카메라 시스템은 Google의 Jump처럼 여러 대의 카메라를 직접 사용하지 않고 단일 하드웨어로 360도 영상을 촬영할 수 있다. 〈그림 5〉는 국내 기업 중 하나인 삼성전자에서 출시한 360도 카메라 Gear 360이다. Gear 360은 2016년에 최초 공개되었고, 2017년에 〈그림 5〉에 나온 새로운 버전의 Gear 360을 공개했다. 2016년도에 출시된 Gear 360은 2개의 어안렌즈를 내장하고 있으며,  $3,840 \times 1,920$  크기의 360도 영상을 초당 30 프레임 (30 fps) 속도로 촬영한다<sup>[9]</sup>. 2017년도 Gear 360은 더 큰 해상도인  $4,096 \times 2,048$  크기의 360도 영상을 24 fps 속도로 촬영한다<sup>[10]</sup>.

미국의 Kodak에서도 〈그림 6〉과 같이 4K 해상도의 360도 영상을 촬영하는 SP360 4K<sup>[11]</sup>를 제작했으며, 삼성의 Gear 360과 같이 두 개의 렌즈를 내장한 ORBIT360 4K<sup>[12]</sup>도 개발했다. 삼성의 Gear 360과 Kodak의 SP360, ORBIT360 기기들은 어안렌즈와 같은 곡선 형태의 렌즈를 사용하기 때문에 다수의 카메라를 사용해 만든 360도 카메라보다 상대적으로 하드웨어의 크기가 작다. 따라서 어안렌즈를 이용한 카메라들은 휴대성이 좋아 액션카메라로 많이 활용되고 있다.

360도 영상을 이용해서 실감나는 AR/VR 영상 콘텐츠를 제작하기 위해서는 촬영된 영상의 깊이정보가 필요하다. 일반적으로 평행하게 배열된 다수의 카메라로 획득한 색상영상의 깊이정보는 인접하는 두 시점의 영상에 스테레오 정합을 적용해 얻는다. 하지만 〈그림 3〉처럼



〈그림 7〉 Intel의 HypeVR

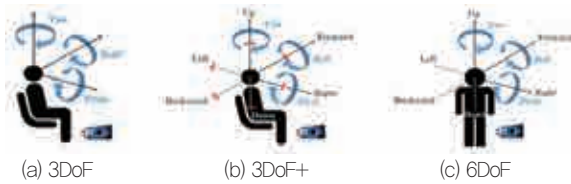
다수의 카메라가 방사형으로 묶여있는 시스템의 경우 기존의 스테레오 정합 알고리즘을 적용하는데 어려움이 있다. Intel에서는 이러한 문제를 고려해 기존의 360도 카메라 시스템에 LiDAR(light detection and ranging) 센서를 접목시켜 깊이정보를 획득하는 방법을 제시했다<sup>[13]</sup>. 〈그림 7〉은 Intel에서 개발한 HypeVR 카메라다. HypeVR 카메라는 여러 대의 색상 카메라를 이용해 색상 영상을 촬영함과 동시에 장착된 LiDAR로 주변 환경의 3차원 포인트 클라우드 좌표를 획득한다.

### III. 360도 영상의 표준화 활동

최근의 영상 콘텐츠들은 과거와는 달리 다시점 영상, 깊이 영상과 같이 다양한 정보를 포함하고 있으며, 영상 콘텐츠의 해상도 또한 매우 높아서 한정된 대역폭으로 많은 양의 데이터를 전송하는데 한계가 있다. 따라서 최근 MPEG 그룹에서는 전방향 360도 영상, 라이트 필드 영상과 같이 실감 콘텐츠 제작에 많이 사용되는 영상을 대상으로 표준화 작업을 진행하고 있다. 이와 관련된 작업으로 지난 115차 MPEG 회의에서 360도 영상과 VR 영상의 부호화를 목적으로 하는 OMAF(omnidirectional media application format)을 발의했다<sup>[14]</sup>. 116차 회의에서는 360도 영상과 같은 몰입형(immersive) 비디오를 위한 MPEG-I 표준화에 대한 논의를 시작했으며, 117차 회의에서 2017년부터 2021년까지의 표준화 로드맵을 제시했다<sup>[15-16]</sup>.

#### 1. MPEG-I Phase

몰입형 영상 부호화의 표준화 작업을 위한 그룹인 MPEG-I는 5개의 하위 파트로 구성되어 있다. MPEG-I는 부/복호화되는 데이터의 종류, 양, 그리고 시점 자유

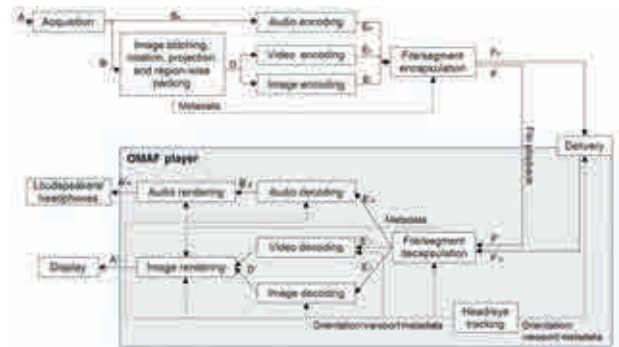


〈그림 8〉 다양한 시야각의 자유도

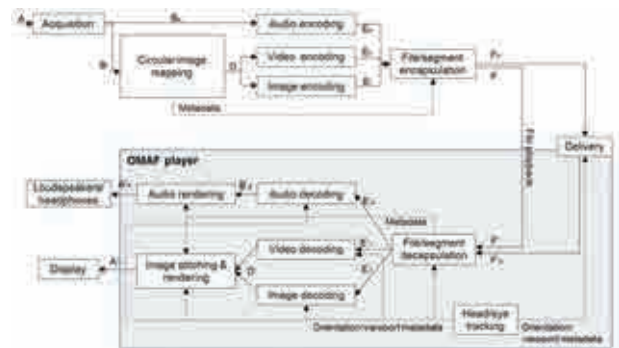
도에 따라서 Phase 1.a, Phase 1.b, 그리고 Phase 2와 같이 3단계로 구분된다. 이 중에서 Phase 1은 MPEG-I의 하위 파트 중 제1부와 제2부를 포함한다. 이때 제1부에서는 몰입형 미디어의 기술적인 부분을 다루며, 제2부에서는 360도 전방향 영상에 대한 부/복호화 표준 기술 개발을 다룬다.

〈그림 8〉은 MPEG-I Phase를 구분하는 기준들 중 하나인 시야각의 자유도(degree of freedom, DoF)를 보여준다. 〈그림 8(a)〉의 3DoF는 사람의 머리를 3차원 공간의 x, y, z축 방향으로 움직이는 자유도를 나타낸다. 각 축의 회전 방향은 yaw, pitch, roll로 표현되며 시청자의 위치는 고정되어 있어서 시야각이 매우 한정적이다. 반면에 〈그림 8(b)〉의 3DoF+는 기존의 3DoF에서 시청자의 위치를 상하/좌우로 몸을 조금 움직일 수 있는 자유도를 뜻한다. 따라서 기존의 3DoF보다는 좀 더 자유로운 시야각을 갖는다. 〈그림 8(c)〉는 6DoF 시야각을 보여준다. 6DoF는 시청자의 위치를 상하좌우 전방향으로 제한없이 움직이는 것이 가능하며 머리를 모든 방향으로 회전시킬 수 있다. 따라서 6DoF 영상은 자유로운 시점으로 감상이 가능하다.

MPEG-I Phase 1은 Phase 1.a와 Phase 1.b로 구분이 되는데, Phase 1.a는 주로 3DoF에 한정된 영상의 부호화를 다루고 Phase 1.b는 조금 더 자유로운 3DoF+ 영상을 다룬다<sup>[17]</sup>. Phase 1에 해당되는 360도 영상의 부호화는 단일 시점, 양안 시점, 그리고 어안 시점으로 구분되어 부호화된다. 이 중에서 단일 시점과 양안 시점 360도 영상의 경우, 부호화를 위해서는 영상 스티칭과 2차원 평면으로의 투영 작업이 필요하다. 〈그림 9〉와 〈그림 10〉은 Phase 1.a와 Phase 1.b의 전체적인 과정을 나타내며, 그 중, 〈그림 9〉는 단일 시점과 양안 시점 360도 영상 콘텐츠의 부/복호화 과정을 보여준다<sup>[18]</sup>.



〈그림 9〉 단일/양안 시점 360도 영상의 부/복호화 흐름도



〈그림 10〉 어안 시점 360도 영상의 부/복호화 흐름도

〈그림 9〉에서 단일 시점과 양안 시점의 360도 영상을 부호화하기 위해서는 우선 촬영된 영상을 하나의 360도 영상으로 만들기 위한 영상 스티칭 작업이 필요하다. 그 후, 360도 영상의 효율적인 부호화 및 전송을 위해서 〈그림 3〉과 같이 2차원 평면으로 투영시킨 후 투영된 360도 영상에 영역 단위로 패킹을 적용한다. 이러한 과정을 거친 정보는 메타데이터(metadata)로써 부호기로 넘어간다. 이때 메타데이터는 투영된 영상의 포맷, 360도 영상의 표면 영역 정보, 전역 좌표축과 지역 좌표축 사이의 변환을 위한 회전 정보, 그리고 영역 단위의 패킹 정보와 영역 단위의 품질을 포함한다. 부호화 과정에서는 영상 신호와 함께 음성 신호의 부호화도 동시에 진행된다. 부호화된 정보는 네트워크를 통해 복호기로 전달되며, 사용자가 바라보는 시점에 맞게 복호화 과정을 거친 후 360도 영상으로 렌더링된다.

어안 렌즈로 촬영한 어안 시점 360도 영상의 경우에는 〈그림 10〉과 같이 부/복호화 작업을 수행한다. 단일 시점과 양안 시점의 360도 영상을 부호화하는 과정에서 영상 스티칭 작업이 사용되는 반면, 어안 시점 360도 영상은



〈그림 11〉 Phase 2의 부/복호화 흐름도

스티칭 작업이 필요하지 않다. 따라서 바로 2차원 평면으로 투영시킨 후 부호화한다. 이때, 영역 단위의 패키징 작업도 어안 시점 360도 영상의 부호화 과정에는 사용되지 않는다. 단일/양안 시점 360도 영상과 마찬가지로 2차원 평면에 투영된 영상 정보는 메타데이터로써 부호기에 전달된다. 어안 시점 360도 영상의 메타데이터는 렌즈 왜곡 보정 파라미터, 렌즈 명암 보정 파라미터, 디스플레이 되는 FoV(field of view) 정보 및 카메라 외부 파라미터를 포함한다.

Phase 2에서는 몰입형 영상 부호화의 최종 목표인 아무런 시점의 제한이 없는 6DoF 영상을 시청자에게 제공하려고 한다<sup>[19]</sup>. 따라서 〈그림 11〉과 같이 Phase 2에서는 기존의 360도 영상의 부/복호화와 더불어 2차원 배열의 다시점 영상으로 이루어진 라이트필드(lightfield) 영상과 3차원 공간의 점군 집합 및 깊이정보를 고려한 부/복호화 표준화 작업을 수행한다. 이에 관련된 작업으로 MPEG-I에서는 MPEG-I Visual이라는 하위 그룹을 만들어 라이트필드 영상과 제한된 6DoF인 windowed 6DoF의 표준화 작업을 수행하고 있다.

## 2. MPEG-I 표준화 기술 동향

360도 영상은 기본적으로 구형 좌표계와 같은 형태로 표현된다. MPEG-I에서는 이러한 영상 정보를 효율적으로 부호화하기 위해서 2차원 평면에 360도 영상을 투영한 후 부호화를 수행한다. 115차 MPEG 회의에서는 구형 좌표계로 표현되는 360도 영상을 플라톤 입체 모형의 정의에 따라서 〈표 1〉에 정리된 것과 같이 정육면체(cube),

〈표 1〉 360도 영상의 2차원 평면 투영 방법

| 식별값  | 투영법         |
|------|-------------|
| 0x01 | Cube        |
| 0x02 | Octahedron  |
| 0x03 | Icosahedron |



〈그림 12〉 정육면체 표면으로의 투영 방법

정팔면체(octahedron), 정이십면체(icosahedron)와 같이 3종류의 평면에 투영시켜 부호화하는 방법을 논의했다<sup>[14]</sup>.

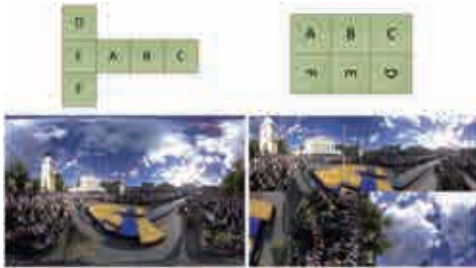
정육면체 형태의 평면에 360도 영상을 투영시키는 방법은 〈그림 12〉와 같이 나타낼 수 있다. 360도 영상을 하나의 구 형태라고 가정하고 360도 영상을 〈그림 11〉의 정육면체로 감싸면 360도 영상이 가장 인접한 정육면체의 표면에 투영된다.

〈그림 12〉처럼 2차원 평면에 투영된 6개의 표면은 영역 단위의 재배열을 통해 〈그림 13〉처럼 패키징된 후 부호기로 전송된다. 정팔면체와 정이십면체로의 투영법도 정육면체 투영법과 동일하게 수행된다.

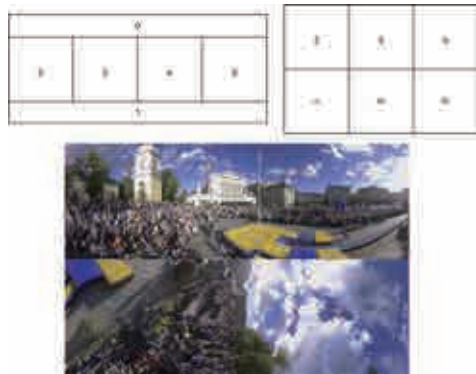
118차 MPEG 회의에서는 〈그림 14〉처럼 적도면의 원통형 투영법(equatorial cylindrical projection, ECP)을 사용해 360도 영상을 2차원 평면에 투영시켜 부호화하는 방법을 논의했으며, 최근에 진행된 122차 회의에서는 표 2처럼 ERP와 정육면체 투영법만을 활용해 360도 영상을 2차원 평면에 투영하는 방법을 논의했다<sup>[18, 20]</sup>.

또한, 360도 영상 부호화의 표준화 작업이 진행되면서 부호화에 사용되는 표준 소프트웨어를 만드는 작업도 수행되고 있다. 122차 MPEG 회의에서는 OMAF를 위한 표준 소프트웨어의 작업 계획이 논의되었다<sup>[21]</sup>.

MPEG-I에서는 기존의 360도 영상 부호화의 표준화 작업과 더불어 다시점 영상을 기반으로 하는 라이트필드 영상의 표준화와 3DoF+ 영상의 표준화, 그리고 제한된 6DoF 영상인 windowed 6DoF에 대한 표준화 작업을 진행하는 MPEG-I Visual 그룹이 있다. 122차 MPEG 회의



〈그림 13〉 정육면체 투영법의 영역 단위 패킹 방법



〈그림 14〉 ECP의 3×2 영역 단위 패킹 방법

〈표 2〉 최근 2차원 평면 투영 방법

| 식별값 | 투영법                        |
|-----|----------------------------|
| 0   | Equirectangular projection |
| 1   | Cubemap projection         |

중 MPEG-I Visual 그룹에서는 Philips와 Technicolor가 3DoF+의 CFT(call for testing)를 위한 실험 영상으로 〈그림 15〉와 같은 콘텐츠를 제공했다<sup>[22-23]</sup>.

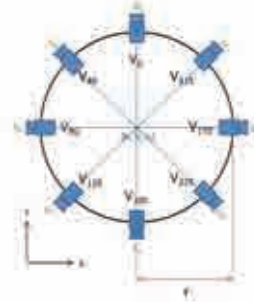
Philips에서 제작한 ClassroomVideo 콘텐츠의 경우, 총 15시점의 전방향 영상으로 구성되었으며 각 시점의 ERP 영상 해상도는 4096×2048이다. Technicolor에서 제작한 TechnicolorMuseum은 Philips의 ClassroomVideo보다 작은 2048×2048 크기의 ERP 영상 해상도를 갖는다. 촬영에 사용된 카메라 구조는 〈그림 4〉에 나온 Facebook x24와 동일한 시스템을 사용했다.



〈그림 15〉 3DoF+ 실험 영상



〈그림 16〉 Poznan 대학의 전방향 라이트필드 영상



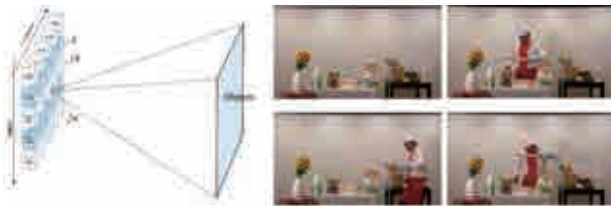
〈그림 17〉 Orange Labs의 전방향 라이트필드 영상

Poznan 대학에서는 전방향 6DoF 영상 콘텐츠 제작을 위해서 〈그림 16〉과 같은 카메라 시스템으로 전방향 라이트필드 영상을 촬영했다<sup>[24]</sup>. 촬영에 사용된 카메라 시스템은 라이트필드 배열의 카메라를 고정된 지지대에 설치한 후, 모터를 사용해 360도 회전시키면서 영상을 촬영한다. Orange Labs에서도 방사형 카메라 배열을 활용해 전방향 6DoF 영상 콘텐츠를 제작했으며, 제작된 영상을 활용해 깊이값 예측 및 중간시점을 생성하는 실험을 수행했다<sup>[25]</sup>. 〈그림 17〉은 Orange Labs에서 제작한 전방향 영상인 WhiteRoom과 촬영에 사용된 카메라 시스템을 보여준다.

INRIA와 ULB에서는 〈그림 18〉과 같이 라이트필드 영상 콘텐츠를 만들어 관련 기고서를 122차 MPEG 회의에서 발표했다<sup>[26]</sup>. INRIA와 ULB는 마이크로렌즈를 사용한 라이트필드 카메라로 영상을 촬영했으며, 5×5 배열의 카메라 시점을 제공한다. 〈그림 18〉에서 각 콘텐츠



〈그림 18〉 INRIA/ULB에서 제작한 라이트필드 영상



〈그림 19〉 ETRI의 Chef

의 이름은 좌측부터 ChessPieces, Boxer-IrishMan-Gladiator, 그리고 ChessPieces-MovingCamera 이다.

한국의 ETRI에서도 windowed 6DoF를 위한 영상 콘텐츠인 Chef를 제작해 122차 회의에서 관련 기고서를 발표했다<sup>[27]</sup>. 〈그림 19〉는 ETRI에서 촬영한 영상 콘텐츠와 촬영에 사용된 카메라 시스템을 보여준다. 영상 촬영을 위해 사용된 카메라는 총 25대를 5×5 배열로 설치되었다. 각 카메라는 1920×1080 크기의 Full HD 해상도를 갖는다.

#### IV. 전망과 결론

최근 영상 콘텐츠의 해상도가 높아지고 디스플레이 기기의 기술이 향상됨에 따라 다양한 실감 영상 콘텐츠에 대한 수요도 증가하고 있다. 이와 관련해서 2009년에 개봉한 영화 ‘아바타’를 시작으로 지금까지 많은 3차원 영화가 제작되었고, 최근에는 AR/VR 영상 콘텐츠와 같이 사용자와 콘텐츠 사이에 상호작용이 가능한 몰입형 영상 콘텐츠도 개발되고 있다. 동영상 국제 표준화 기구인 MPEG에서는 이러한 변화에 발맞추어 몰입형 영상 부호화의 표준화 작업을 논의하고 있다. MPEG-A에서 논의되던 몰입형 영상 부호화의 표준화 작업은 116차 MPEG 회의에서 MPEG-I가 만들어지면서 더욱 구체적으로 논의되기 시작했다. MPEG-I는 5개의 하위 파트로 구성되어 있으며, 2017년부터 2021년까지 5년간의 표준화 로드맵을 제시했다. MPEG-I는 하위 그룹인 MPEG-I

Visual을 만들어 360도 전방향 영상 부호화의 표준화 작업뿐만 아니라 다시점 영상 기반의 라이트필드 영상과 전방향 6DoF, windowed 6DoF, 3DoF+ 영상 부호화의 표준화 작업도 수행하고 있다.

최근에 진행된 122차 MPEG 회의에서는 OMAF를 위한 표준 소프트웨어의 작업 계획을 논의했으며, 123차 MPEG 회의에서는 OMAF 표준 소프트웨어에 대한 워킹 드래프트가 논의되었다. MPEG-I의 하위 그룹인 MPEG-I Visual에서도 123차 MPEG 회의에서 라이트필드 영상의 압축에 대한 EE(exploration experiment)를 논의했으며, 3DoF+와 6DoF에 대한 표준 소프트웨어 개발도 다루었다. 360도 영상을 활용한 AR/VR 콘텐츠는 디스플레이 기기인 HMD를 사용하면 사용자와 영상 콘텐츠 사이에 상호작용이 가능하기 때문에 몰입도가 높으며 다양한 분야에 적용할 수 있다. 하지만 그만큼 영상 콘텐츠의 데이터양도 증가하기 때문에 이를 효율적으로 다루기 위한 부호기 개발이 필요하다. 지난 몇 년간 MPEG 회의에서는 360도 영상 부호화를 위한 2차원 영상 투영법과 영역 기반의 패킹 방법 등 몰입형 영상을 위한 부호기 개발에 대한 작업이 적극적으로 이루어졌다. 또한, 최근 MPEG-I에서는 표준화 로드맵에 따라 작업을 완료하기 위해 표준 소프트웨어에 대한 논의도 활발히 진행되고 있다. 이처럼 몰입형 영상부호화의 표준화 작업에 대한 국제적인 관심이 높아지고 있기 때문에 국내의 여러 연구기관에서도 관련 주제에 대한 연구 개발이 필요하다.

#### 참고 문헌

- [1] "Description of Core Experiments in MVC," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, N8019, Jul. 2006.
- [2] "Vision on 3D Video," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, N10357, Feb. 2009.
- [3] X. Li, B. Xu, Y. Teng, Y. Ren, and Z. Hu, "Comparative Research of AR and VR Technology based on User Experience," ICMSE, pp. 1820-1827, Aug. 2014.
- [4] <https://www.microsoft.com/en-us/hololens>
- [5] <https://www.playstation.com/en-au/explore/playstation-vr/>
- [6] <https://vr.google.com/jump/>

- [7] <https://code.facebook.com/posts/1755691291326688/introducing-facebook-surround-360-an-open-high-quality-3d-360-video-capture-system/>
- [8] <https://www.roadtovr.com/facebook-unveils-two-new-volumetric-video-surround360-cameras-coming-later-year/>
- [9] <http://www.samsung.com/uk/wearables/gear-360-c200/>
- [10] <http://www.samsung.com/uk/wearables/gear-360-r210/>
- [11] <https://kodakpixpro.com/Americas/cameras/vrcamera/sp3604k/>
- [12] <https://kodakpixpro.com/Americas/cameras/vrcamera/orbit3604k/>
- [13] <https://hypevr.com/>
- [14] "WD on ISO/IEC 23000-20 Omnidirectional Media Application Format," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, N16189, Jun, 2016.
- [15] "New Work Item Proposal on Coded Representation of Immersive Media," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, N16541, Oct, 2016.
- [16] "MP20 Roadmap," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, N16719, Jan, 2017.
- [17] "MPEG-I Phase 1 Use Cases," ISO/IEC JTC1/SC20/WG11, N17504, Apr. 2018.
- [18] "WD 1 OF ISO/IEC 23090-2 OMAF 2nd edition," ISO/IEC JTC1/SC20/WG11, N17584, Apr. 2018.
- [19] "MPEG-I Phase 2 Use Cases," ISO/IEC JTC1/SC20/WG11, N17683, Apr. 2018.
- [20] "Projections under Considerations for ISO/IEC 23090-2 Omnidirectional Media Format," ISO/IEC JTC1/SC20/WG11, N16828, Apr. 2017.
- [21] "Workplan on Reference Software and Conference for OMAF," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, N17585, Apr. 2018.
- [22] "3DoF+ Test Sequence ClassroomVideo," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, M42415, Apr. 2018.
- [23] "Technicolor 3DoFPlus Test Materials," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, M42349, Apr. 2018.
- [24] "Omnidirectional Lightfield Test Image Poznan\_Lab\_360," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, M42307, Apr. 2018.

- [25] "Depth Estimation and View Synthesis with 360 Divergent Content," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, M42484, Apr. 2018.
- [26] "Light Field Video Dataset Captured by a R8 Raytrix Camera," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, M42468, Apr. 2018.
- [27] "Camera Array based Windowed 6-DoF Moving Picture Contents," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, M42542, Apr. 2018.



호요성

- 1981년 2월 서울대학교 전자공학과 (학사)
- 1983년 2월 서울대학교 전자공학과 (석사)
- 1990년 3월 미국 UCSB 전기전산공학 (박사)
- 1983년 3월~1995년 9월 한국전자통신연구원  
선임연구원
- 1990년 1월~1993년 5월 미국 필립스연구소  
선임연구원
- 1995년 9월~현재 광주과학기술원 교수
- 2003년 9월~현재 GIST 실감방송연구센터 센터장
- 2007년 1월~현재 IEEE Fellow

〈관심분야〉

영상처리, 영상압축, DTV/HDTV/UHDTV, AR/VR, 3DTV