

# FBMF Technical Report

미래방송미디어표준포럼 기술보고서

FBMF-TR-001

제정일: 2017년 12월 19일

## 몰입형 미디어 기술 및 표준화 동향 (기술보고서)

A Trend of Immersive Media Standardization  
(Technical Report)

(앞 표지)



기술보고서 초안 검토 미래미디어분과위원회  
위원회  
기술보고서안 심의 위원회 운영위원회

	성명	소 속	직위	위원회 및 직위	기술보고서번호
기술보고서(과제) 제안	김휘용	ETRI	그룹장	미래미디어 분과장	FBMF-TR-001
	윤국진	ETRI	책임	미래미디어분과 간사	FBMF-TR-001
	이용주	ETRI	책임	미래미디어분과 위원	FBMF-TR-001
	방건	ETRI	책임	미래미디어분과 위원	FBMF-TR-001
	정준영	ETRI	연구원	미래미디어분과 위원	FBMF-TR-001
	남승진	KBS	수석	미래미디어분과 위원	FBMF-TR-001
	유남경	KBS	사원	미래미디어분과 위원	FBMF-TR-001
기술보고서 초안 작성자	이장원	LG전자	선임	미래미디어분과 위원	FBMF-TR-001
	황수진	LG전자	주임	미래미디어분과 위원	FBMF-TR-001
	이헌주	MBC	사원	미래미디어분과 위원	FBMF-TR-001
	유현우	MBC	사원	미래미디어분과 위원	FBMF-TR-001
	홍순기	SBS	매니저	미래미디어분과 위원	FBMF-TR-001
	최기호	삼성전자	책임	미래미디어분과 위원	FBMF-TR-001
	최광표	삼성전자	수석	미래미디어분과 위원	FBMF-TR-001
	정상권	(주)조이편	대표	-	FBMF-TR-001
사무국 담당	김제우	KETI	팀장	운영위 간사	FBMF-TR-001

본 문서에 대한 저작권은 미래방송미디어표준포럼에 있으며, 미래방송미디어표준포럼과 사전 협의 없이 이 문서의 전체 또는 일부를 상업적 목적으로 복제 또는 배포해서는 안 됩니다.

본 표준 발간 이전에 접수된 지식재산권 확약서 정보는 본 표준의 ‘부록(지식재산권 확약서 정보)’에 명시하고 있으며, 이후 접수된 지식재산권 확약서는 미래방송미디어표준포럼 웹사이트에서 확인할 수 있습니다.

본 표준과 관련하여 접수된 확약서 외의 지식재산권이 존재할 수 있습니다.

발행인 : 미래방송미디어표준포럼 의장

발행처 : 미래방송미디어표준포럼

06130, 서울특별시 강남구 테헤란로 7길 22 신관 1108호

Tel : 02-568-3556, Fax : 02-568-3557

발행일 : 2017.12

# 서 문

## 1 기술보고서의 목적

이 기술보고서의 1차적인 목적은, 최근 전세계적으로 관심이 높아지고 있는 360도 영상/음향 콘텐츠 등 몰입형 미디어 관련 주요 산업체 및 표준화 기구의 동향을 요약/정리하고 주요 이슈 및 고려 사항을 제시함으로써, 관련 산업 종사자 및 표준화 담당자가 전반적인 사항을 쉽고 빠르게 파악할 수 있도록 하는 데 있다.

또한 이 기술보고서의 2차적인 목적은, 몰입형 미디어 중 특히 360 비디오 관련 기술이 국내 표준화 추진을 할 수 있을 만큼 성숙되어 있는 지 분석하기 위한 기초 자료를 제공하는 데 있다.

본 보고서의 버전은 1.0이며 2017년까지의 기술 및 표준화 동향을 360VR을 중심으로 분석하는 것을 그 범위로 한다. VR 관련 기기/서비스/표준화 동향이 시시각각 변하는 점을 고려하여, 2018년에 최신 동향을 반영한 버전 2.0을 발간할 예정이다.

## 2 주요 내용 요약

이 기술보고서의 5장에서는 몰입형 미디어 산업체의 기술 동향을 분석한다. 5.1절 및 5.2절에서는 실사기반의 VR 콘텐츠의 획득/제작 및 재현 기술을 장비와 단말 중심으로 살펴보고, 5.3절에서는 VR 서비스 플랫폼과 다양한 서비스 현황을 분석한다.

이 기술보고서의 6장에서는 몰입형 미디어 표준화 동향을 분석한다. 6.1절에서는 MPEG-I 및 JVET 360비디오 표준화 현황에 대해 요약하며, 6.2절에서는 DVB의 VR 미디어 표준화 현황을 CM\_VR 그룹의 활동을 중심으로 살펴본다. 또한 6.3절 및 6.4절에서는 3GPP 및 IEEE의 VR관련 표준화 동향을 간략히 요약한다.

## 3 인용 기술보고서와의 비교

### 3.1 인용 기술보고서와의 관련성

해당사항 없음

### 3.2 인용 표준과 본 기술보고서의 비교표

해당사항 없음

## 목 차

1 적용 범위 .....	1
2 인용 표준 .....	1
3 용어 정의 .....	1
4 약어 .....	3
5 몰입형 미디어 산업체 동향 분석 .....	5
5.1 VR 콘텐츠 획득 및 제작 .....	5
5.2 VR 콘텐츠 재현 및 단말 .....	18
5.3 VR 플랫폼 및 서비스 .....	24
6 몰입형 미디어 표준화 동향 분석 .....	29
6.1 MPEG 표준화 동향 및 전망 .....	29
6.2 DVB 표준화 동향 및 전망 .....	46
6.3 3GPP 표준화 동향 및 전망 .....	58
6.4 IEEE 표준화 동향 및 전망 .....	63
7 결론 및 시사점 .....	65
7.1 VR 콘텐츠 획득, 제작, 재현 .....	65
7.2 몰입형 미디어 표준화 .....	65
부록 I -1 지식재산권 요약서 정보 .....	67
I -2 시험인증 관련 사항 .....	68
I -3 본 기술보고서의 연계(family) 기술보고서 .....	69
I -4 참고 문헌 .....	70
I -5 영문기술보고서 해설서 .....	72
I -6 기술보고서의 이력 .....	73

# 몰입형 미디어 기술 및 표준화 동향

## (A Trend of Immersive Media Technology and Standardization)

### 1 적용 범위

이 기술보고서는 몰입형 미디어 관련 주요 산업체 및 표준화 기구의 동향을 종합하여 요약/정리하고 주요 이슈 및 고려 사항을 제시함으로써, 관련 산업 종사자 및 표준화 담당자가 전반적인 사항을 쉽고 빠르게 파악할 수 있도록 한다.

이 기술보고서의 각 절에 포함된 고려 사항 및 이슈 사항, 그리고 7장의 결론 및 시사점은 미래방송미디어표준포럼 미래미디어분과에 참여하고 있는 내의 해당 분야 전문가 의견을 참고용으로 기재한 것으로서, 미래방송미디어표준포럼이나 미래미디어분과의 공식 의견이 아님을 밝혀 둔다.

### 2 인용 표준

- [1] [HEVC] ISO/IEC 23008-2:2015 High efficiency coding and media delivery in heterogeneous environments-Part 2 High efficiency video coding, 2015.
- [2] [3DAudio] ISO/IEC 23008-3:2015, High efficiency coding and media deliver in heterogeneous environments), Part 3: 3D Audio, 2015.
- [3] [AC4] ETSI TS 103 190 V1.1.1, Digital Audio Compression (AC-4) Standard, April, 2014.

### 3 용어 정의

#### 360VR 영상(360도 영상, VR360 영상)

하나의 영상 안에 360도 전방향의 화소가 모두 포함된 일종의 파노라마 영상이다. 360도 카메라(omnidirectional camera)를 사용하여 촬영하며, 재생시 원하는 영역을 실시간으로 선택하면서 볼 수 있다. HMD(Head Mounted Display)를 착용하고 감상하면, 촬영 현장에 있는 듯한 몰입감을 느낄 수 있어 몰입형 영상이라고도 부른다. 이와 비슷하게, 180도 한 쪽 방향의 화소 모두를 포함하는 파노라마 영상을 180VR 영상이라고 함.

#### 스티칭

파노라마 영상 또는 360VR 영상은 여러 카메라로 촬영한 영상 들을 하나의 영상으로 이어 붙여서 만드는데, 이렇게 영상 여러 개의 영상을 부드럽게 잇는 작업을 스티칭이라고 한다. 그리고, 각 영상의 경계에서 스티칭이 이루어진 점을 연결한 선을 “스티칭라인”이

라고 함.

**디지털 인터미디에트(DI, digital intermediate)** [출처] IT용어사전, 한국정보통신기술협회  
촬영 단계에서 획득한 영상의 밝기, 색상, 채도 등의 차이를 후반 작업에서 일치시키는  
과정으로, 색 보정을 비롯한 전반적인 교정 작업을 의미.

### 3 DoF

3차원 좌표계에서 원점을 중심으로 사용자 머리 회전(rotation)인 Ywa, Pitch, Roll이 허용된 움직임을 3 DoF 혹은 3 자유도라 함.

### 3 DoF+

3차원 좌표계에서 원점을 중심으로 사용자 머리 회전이 허용된 3 DoF에 더해 제한적인 범위 내에서 사용자의 상하/좌우/앞뒤 움직임 허용된 것을 3 DoF+라 함.

### 6 DoF

3차원 좌표계에서 원점을 중심으로 사용자 머리 회전(rotation)인 Yaw, Pitch, Roll이 허용된 것을 3 DoF(3 자유도)라 하며, 3자유도에 더하여 사용자의 상하/좌우/앞뒤 움직임까지 광범위한 범위에서 허용된 것을 6 DoF(6 자유도)라 함.

### 포인트 클라우드

포인트 클라우드는 3차원 좌표계상에서 유한한 범위 내에서 자유롭게 군집해 있는 점들의 집합을 의미하며 각 점들은 색깔이나 밝기값을 속성으로 갖을 수 있고 이를 이용해 3차원 객체를 손쉽게 표현하는데 매우 편리하게 사용할 수 있는 방식임.

### 프로젝션 포맷

360도 비디오는 3차원 좌표계 기준의 구(Sphere)에 맵핑되어 전방위 비디오로 표현되는데, 이를 360도 범위의 수평축과 180도 범위의 수직축으로 이루어진 2차원 좌표계로 투영시켜 평면상에 다양한 형태로 360도 비디오를 나타낸 것을 프로젝트 포맷이라고 함. 일례로 프로젝트 포맷에는 ERP(Equirectangular projection) 포맷, CMP(Cube Map Projection) 포맷, EAP(Equiarea Projection) 포맷 등이 있음.

### 프로젝션 포맷 팩킹

다양한 형태의 프로젝트 포맷을 부호화 성능이나 전송을 효과적으로 하기 위해 2차원 평면에 영상을 재배치 시키는 방식을 의미함. 일례로 프로젝트 포맷 팩킹에는 3x4 형태의 CMP(Cube Map Projection)포맷을 수직 방향과 수평 방향의 영상으로 구분하여 3x2 형태인 Compact CMP로 재배치 시킨 팩킹 방식이나 ERP 포맷에서 중심에 높은 해상도를 위치하고 상하에는 낮은 해상도로 구성한 Region wise 팩킹 방법 등이 있음.

### HMD(Head mounted Display)

사용자의 머리에 장착한 디스플레이 장치를 통해 영상을 표시하는 장치이다. 자이로 센서를 함께 탑재하여 비행기 조정 시뮬레이션 등에 주로 사용되었으며, 360VR 영상의 시청 및 VR 게임을 위한 필수 장비.

#### 4 약어

3GPP	3rd Generation Partnership Project
ACP	Adjusted Cubemap Projection
AhG	Adhoc Group
AOP	Acoustic Overload Point
AR	Augmented Reality
AVC	Advanced Video Coding
CD	Committee Draft
CE	Core Experiment
CfE	Call for Experiment
CfP	Call for Proposal
CM	Commercial Module
CMP	Cubemap Projection
CR	Commercial Requirement
DASH	Dynamic Adaptive Streaming over HTTP
DIS	Draft International Standard
DoF	Degrees of Freedom
DTS	Dedicated To Sound
DVB	Digital Video Broadcasting
EAC	Equi-Angular Cubemap
EAP	Equal-area Projection
ERP	Equi-rectangular Projection
EST	Electronic Sell-Through
FDIS	Final Draft International Standard
FoV	Field of View
FPS	Frame Per Second
HDR	High Dynamic Range
HEVC	High Efficiency Video Coding
HMD	Head Mounted Display
HOA	Higher Order Ambisonics
IF	Industry Forum
IPTV	Internet Protocol Television
ISO/BMFF	ISO Base Media File Format
ISP	Icosahedron Projection
ITU	International Telecommunication Union
JVET	Joint Video Exploration Team
LTE	Long Term Evolution
MBMS	Multimedia Broadcast Multicast Services
MCTS	Motion Constained Tile Set
MMT	MPEG Media Transport
MPD	Media Presentation Description
MPEG	Moving Picture Experts Group

MR	Mixed Reality
MTP	Motion To Photon
NGA	Next Generation Audio
OHP	Octahedron Projection
OMAF	Omnidirectional Media Application Format
PAR	Project Authorization Request
PC	Personal Computer
QoE	Quality of Experience
RoI	Region of Interest
RSP	Rotated Sphere Projection
SDK	Software Development Kit
SDR	Standard Dynamic Range
SEI	Supplemental Enhancement Information
SHVC	Scalable extension of HEVC
SMG	Study Mission Group
SNR	Signal to Noise Ratio
SNS	Social Network Service
SSP	Segmented Sphere Projection
STB	Set-Top Box
SVoD	Subscription Video on Demand
TG	Task Group
TM	Technical Module
TP	Technical Plenary
ToR	Terms of Reference
TR	Technical Report
TS	Transport Stream
TSP	Truncated Square Pyramid
TTA	Telecommunications Technology Association
UHDTV	Ultra High Definition Television
VCEG	Video Coding Experts Group
VOD	Video On Demand
VR	Virtual Reality
W3C	World Wide Web Consortium
WD	Working Draft
WG	Working Group



## 5 몰입형 미디어 산업체 동향 분석

### 5.1 VR 콘텐츠 획득 및 제작

360VR 영상은 다수의 카메라로 360도 전방향을 동시에 촬영한 후, 촬영된 영상들을 하나의 영상으로 이어 붙인(스티칭, stitching) 영상을 말한다. HMD를 착용하고 시청할 경우, 현장에 있는 듯한 몰입감을 느낄 수 있어 몰입형 콘텐츠라고도 부른다.

360VR 영상은 크게 두 가지 방식으로 제작할 수 있다. 첫 번째는 앞서 언급한 바와 같이 다수의 실사 카메라를 이용하여 촬영한 영상들을 스티칭하여 제작하는 방법이 있으며, 다른 한 가지는 3D 그래픽의 가상카메라를 이용하여 360도 전방향 영상을 렌더링하는 방법이 있다. 3D 그래픽을 이용한 방식은 인터랙션의 유무에 따라 실시간 렌더링 방식과 후반 렌더링 방식으로 나뉜다. 실시간 렌더링은 사용자의 반응에 따라 영상이 실시간으로 반응해야 하는 콘텐츠 제작에 적용되며, 대부분의 게임 콘텐츠가 여기에 해당한다. 후반 렌더링 방식은 정해진 시간 흐름에 따라 360도 가상 카메라로 전체 영상을 미리 렌더링한 후 시청하는 방식이며, 애니메이션 영화가 여기에 해당한다.

3D 그래픽 콘텐츠 제작과정에서 카메라 파라미터 등을 재설정하고 렌더링하면 360VR 영상을 얻을 수 있기 때문에, 이미 작업이 끝난 3D 애니메이션은 비교적 손쉽게 양질의 360VR 콘텐츠로 변환할 수 있다.

360도 실사카메라를 사용한 제작방식은 다수의 카메라 영상을 스티칭하는 작업과 각 영상의 차이를 보정하는 작업이 추가 된다. 스티칭 및 카메라 보정 작업은 기존의 콘텐츠 제작단계에는 없었던 것으로 많은 시간과 비용이 소모되어 360VR의 확대에 장애가 되고 있다. 이러한 단점을 극복하기 위하여 일체형 360도 카메라가 출시되고 있는데, 일체형 360도 카메라는 복잡한 스티칭 과정을 내부적으로 처리하여 콘텐츠 제작 시간과 비용을 획기적으로 줄일 수 있다.

최근에는 좌우 한 쌍의 카메라에 180도 어안렌즈를 장착하여 카메라의 앞쪽 180도 영상만을 촬영하는 방식이 등장하였다. 180VR 영상은 시청확률이 낮은 뒷면의 촬영을 포기하는 대신에 앞쪽 영역을 고해상도의 입체영상으로 제작함으로써 제작 효율성 및 몰입감을 증가시키는 목적으로 고안되었다.

#### 5.1.1 360VR 영상 제작기술 및 장비현황

이곳에서는 실사 카메라를 이용하여 360VR 영상을 획득하는 기술과 장비현황에 대하여 알아보하고자 한다.

상업용 360VR 영상 제작에 가장 많이 사용되는 카메라는 리그(Rig)형 360도 카메라이다. 리그형 360도 카메라는 표준화각의 범용 카메라 여러 대를 특수한 리그에 장착하는 구조이다. 촬영된 영상 간의 스티칭이 용이하도록 카메라 간격을 최소화하고 있으며, 카메라 조작, 영상 모니터링 등에서 차별화된 기능 들을 제공하고 있다. 카메라의 개수가 적을수록 스티칭 라인이 줄어들어 촬영 및 편집이 용이하고 관리와 운용성도 좋아진다. 그러나, 카메라 수를 줄이려면 더욱 화각이 큰 광각렌즈를 사용해야 해서 화질이 열화되고 영상의 왜곡이 커지는 단점이 있다.



(그림 5-1) 리그형 360도 카메라

(왼쪽)표준렌즈 360도 카메라(Pro7), (오른쪽)광각렌즈 360 카메라(Entaniya 220도 사용)

다수의 카메라를 장착한 리그방식 카메라가 대중화 되기 위해서는 몇 가지 개선이 이루어져야 할 필요가 있다. 가장 우선적으로, 모든 카메라의 촬영 시점을 일치시키는 동기화 솔루션이 반드시 제공되어야 한다. 시간차이에 의한 각 카메라의 영상 차이는 깔끔한 스티칭을 불가능하게 만들기 때문이다. 그리고, 제작 편의를 위해서는 각각의 카메라에 분산된 저장매체를 통합 관리할 수 있는 솔루션을 제공해야 한다. GoPro는 비교적 저가의 동기화 솔루션을 제공하고 있으며, NEXTVR은 자체개발한 카메라를 180VR 라이브 스트리밍 서비스에 사용하고 있다.



(그림 5-2) 동기화된 360도 카메라

(왼쪽) GoPro Omni, (오른쪽) NEXTVR Inhouse 360 Stereo Camera

전문 콘텐츠 제작 영역과는 별개로 일반 대중을 위한 일체형 360도 카메라가 다수 출시되었다. 일체형 카메라는 2개 이상의 렌즈가 하나의 카메라 케이스에 내장되어 있어 사용이 편리하며, 가장 중요한 동기화 문제가 해결되어 있다. 또한, 하나의 저장매체에 모든 카메라 영상이 녹화되고, 스마트폰 등을 통한 조작 및 모니터링이 가능하다. 현재 다수의 벤더에서 일체형 360도 카메라를 출시하고 있다.



(그림 5-3) 일체형 360도 VR 카메라  
(왼쪽부터) 삼성 기어360, LG360, Ricoh Theta V360

일체형 360도 카메라는 내부적으로 동기화가 되어 있고, 스티칭이 필요없으며, 단일 저장매체를 사용하는 등 다양한 사용 편의성으로 인해 일반인들 사이에서 많이 사용되고 있다. 그러나 작은 렌즈 사용으로 인해 저조도 환경에서 화질이 떨어지기 때문에 상용 콘텐츠 제작에 사용하기에는 한계가 있다.

HMD 착용환경에서 사용자의 머리 움직임에 연동된 전방위 영상 제공만으로는 깊은 몰입감을 느끼기에 한계가 있다. NEXTVR, Intel TrueVR, VENTAVR 등은 이러한 한계를 인식하고 입체 VR 콘텐츠 제작 및 서비스를 주요 사업으로 육성하고 있다.

NEXTVR과 Intel TrueVR은 360도 영상의 후면부는 대부분의 사용자가 시청하지 않는다는 점에 착안하여, 후면부 영상을 포기하고 전면부 영상을 입체로 제작하는 180도 3DVR 콘텐츠 제작 및 서비스 분야를 개척하였으며, 콘텐츠 제작을 위해 180도 3DVR 카메라를 자체 개발하였다.

NEXTVR은 NBA, 윌블던 테니스 등 다수의 주요 스포츠 이벤트를 180도 3DVR 형식으로 생중계하였으며, Intel TrueVR은 MLB 스포츠와 제휴하여 180도 3DVR 콘텐츠를 서비스하고 있다. 2017년 6월 구글도 Youtube에 180도 VR 영상을 지원한다고 공식 선언하였

다. 구글은 180도 VR 콘텐츠에 3D를 더하는 것이 360도 2DVR 콘텐츠보다 경쟁력이 있다고 판단하고 있다. 왜냐하면, 구글이 상상하는 180도 3DVR 영상은 스티칭이 필요없는 180도 어안렌즈를 사용하는 방식으로 콘텐츠 제작사들이 기존의 제작과정에서 사용하던 대부분의 장비를 그대로 이용할 수 있기 때문이다.

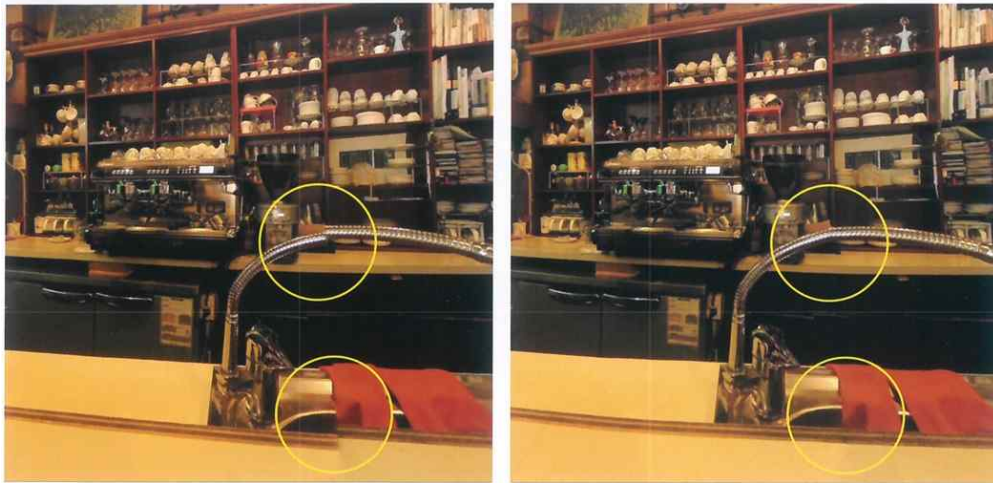


(그림 5-4) 180도 3DVR 카메라  
(왼쪽) NEXTVR 180도 카메라, (오른쪽) Intel TrueVR 180도 카메라

구글은 180도 3DVR 콘텐츠를 활성화시키기 위하여 LG, Lenovo, YI Technology, Z CAM 등 다수의 제조사와 협의하여 일체형 180도 3DVR 카메라를 2017년 말에 출시한다고 발표하였다. 3DVR은 복잡한 스티칭 작업으로 인해, 몇몇 벤더만이 제작 솔루션을 확보하고 있는 분야인데, 스티칭이 필요없는 180도 3DVR 카메라가 출시된다면 VR 콘텐츠 제작 및 서비스가 보다 빨리 대중화될 것으로 기대된다.

### 5.1.2 편집기술 및 장비현황

이곳에서는 촬영된 360도 영상을 편집하고 보정하는 기술과 장비현황을 알아본다. 스티칭 작업은 보통 원거리에 있는 배경을 중심으로 하게 되는데, 스티칭 영역에 근거리의 물체나 사람이 존재하면 이음새 부분이 잘리는 현상이 발생하게 된다.



(그림 5-5) 스티칭 오류 보정 전, 후

스티칭 오류가 있는 곳은 전문적인 툴을 이용하여 해당 프레임을 수동으로 합성하여 보정하여야 한다.

360도 카메라는 전방위 영상을 촬영하기 때문에 카메라의 아래 부분에 촬영자 또는 카메라의 삼각대가 노출될 수 있다. 이 부분은 새롭게 바닥을 만들어 합성하거나, 로고를 삽입하여 덮어준다.



(그림 5-6) 바닥로고 삽입 전, 후

각 카메라 영상의 색상, 밝기 차이 등을 보정하기 위하여 마지막으로 디지털 인터미디이트(Digital Intermediate) 작업을 수행한다. 360VR 영상은 여러개의 카메라 영상을 이어 붙여 만들기 때문에 각각의 영상의 차이는 전체 영상의 완성도를 저해하는 요소가 된다. 특히, 각각의 카메라 방향이 모두 다르기 때문에, 카메라 간의 밝기와 색상을 일치시키는 작업이 매우 중요하다.





(그림 5-7) D.I. 작업전



(그림 5-8) D.I. 작업 후

이 밖에도 360VR 콘텐츠를 편집하기 위해서 Adobe, Kolor, GoPro, Orah, Mettle 등 다양한 벤더에서 360VR 영상에 특화된 기능들을 가진 소프트웨어들을 출시되고 있으며, 이러한 기능들은 동영상 편집 프로그램에 채용되고 있다.

- 스티칭 결과 실시간 프리뷰
- HMD 기기를 통한 실시간 프리뷰
- Yaw, Pitch, Roll 방향 조정
- 360 영상 안정화(stabilization)
- 실시간 제작 및 서비스를 위한 라이브 스티칭
- 스테레오 영상 편집
- 360도 영상간의 트랜지션 효과

### 5.1.3 오디오 콘텐츠 획득 및 제작

오디오 콘텐츠의 획득은 일반적으로 마이크로폰을 통해 이루어진다. 기존의 채널 기반 오디오에서는 하나 이상의 모노 또는 스테레오 마이크를 활용하여 오디오를 획득하고, 이를 믹싱하여 활용하는 방법이 사용되었다.

VR 오디오에서는 360도 영상에 대응하는 공간감 있는 오디오를 획득하는 것이 이슈가 되고 있는데, 여전히 많은 경우에서 기존과 유사한 획득 방법이 사용되고 있으나, VR을 위한 새로운 시도도 있다. HOA(Higher Order Ambisonics) 마이크로폰을 활용한 방법이나, 바이노럴(binaural) 마이크로폰 등이 대표적이라 할 수 있다.

HOA 마이크로폰은 아래의 그림과 같이 장면 기반 오디오(Scene based Audio)를 획득하기 위한 마이크로폰인데, 최근에는 VR 오디오 획득을 위한 소형 마이크가 출시되고 있다.



(그림 5-9) 다양한 HOA 마이크로폰

HOA는 해당 공간에서의 다양한 방향에 대한 오디오를 획득할 수 있는 기술로서, 현장감 있는 오디오를 획득하는 것에 장점이 있어, 실시간 전송과 같은 서비스에서 잘 활용될 수 있다.

바이노럴 마이크로폰은 사람이 귀로 듣는 것과 유사한 소리를 획득하기 위한 마이크로폰으로서 사람 머리 모양이나 귀 모형 안에 마이크로폰을 설치하여 수음을 하는 방식이다. 바이노럴 마이크로폰은 사람의 머리전달 함수 등을 획득하는 데에 많이 사용되었는데, 최근 360VR 오디오의 획득에도 사용되고 있다.

머리 전달 함수의 측정 등에서는 두 개의 마이크로폰을 활용하는 방식이 일반적이었는데, 사람의 머리 움직임에 대응하기 위해 여러 개의 귀를 가진 마이크로폰이 등장하였고, 오컬러스에서 만든 바이노럴 마이크로폰이 잘 알려져 있다.



(그림 5-10) 다양한 바이노럴 마이크로폰

최근에는 VR 콘텐츠를 하나의 장치에서 획득하기 위하여 카메라와 마이크를 일체형으로 한 장치가 선보이고 있는데, 대표적인 것이 5개의 카메라와 64개의 마이크를 하나의 장치로 개발한 visisonics사의 5/64 Audio/Visual Camera 이다.

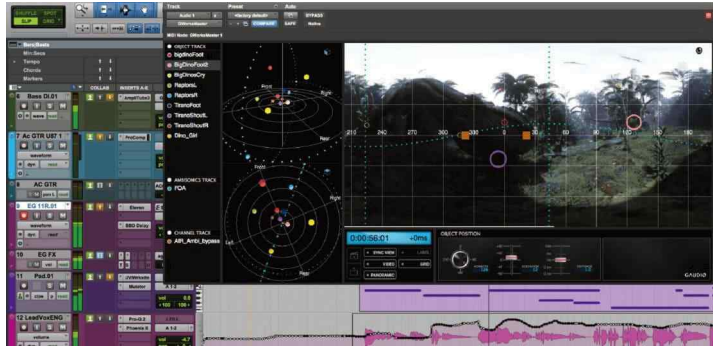


(그림 5-11) VisiSonics 5/64 Audio/Visual Camera

HOA 기반의 오디오나 바이노럴 오디오의 경우 획득한 신호를 후처리 과정을 거치지 않고 전송하는 것이 가능하나, 대부분의 오디오는 오프라인에서의 제작 단계를 거친 후 전송된다. 기존의 오디오는 스테레오, 5.1채널, 7.1채널 등과 같이 채널 기반으로 제작되었으며, 현재의 VR 콘텐츠의 경우에도 대부분 이와 같은 채널기반으로 제작되어있다. 이러한 채널 기반의 오디오 제작 기법은 360VR 콘텐츠가 아닌 일반 영상용 오디오를 제작하기 위하여 사용이 되어온 것으로 360VR 콘텐츠의 제작에는 다소의 불편함이 있을 수 있다.

최근에는 VR용 오디오를 더욱 쉽게 제작할 수 있는 도구가 플러그인(Plug-in) 형태로 출시되고 있는데, 대표적인 것이 국내 업체인 가우디오(GAudio)에서 개발한 ‘works’ 이다. 가우디오의 works는 VR용 오디오를 제작할 수 있는 프로툴즈(Pro tools)용 플러그인으로 서 영상의 특정 위치에 오디오 음원을 위치시키고, 이를 시간에 따라 이동하는 것이 가능하도록 하여, VR용 오디오를 쉽게 제작할 수 있도록 하였으며, 장면 기반 오디오, 객체 기반 오디오, 채널 기반 오디오를 모두 지원한다.





(그림 5-12) 가우디오의 works 실행화면  
(출처) <https://www.gaudiolab.com/product/works>

이와 유사한 플러그인으로 AudioEase의 ‘360pan suite’가 있다. 360pan suite도 360VR 콘텐츠의 오디오를 제작하는데 특화된 프로툴즈용 플러그인으로서 영상 장면의 특정 위치에 오디오 객체를 위치시키고 이동하도록 하는 것이 가능하다.



(그림 5-13) 360 pan suite 실행화면  
(출처) <https://www.audioease.com/360/>

이외에도 360VR 오디오 저작을 위한 전용 플러그인이 출시가 되고 있으며, 향후 더욱 많은 플러그인이 출시가 될 것으로 전망된다.

한편 360VR 전용 플러그인으로 볼 수는 없으나, 기존의 채널 기반 저작 도구와 달리 객체 오디오를 지원하는 플러그인이 있는데, 이러한 플러그인도 360VR 오디오의 제작에 활용될 수 있다. 대표적인 것으로는 Dolby, DTS, Auro3D의 플러그인이 있으며, 국내에서는 한국전자통신연구원에서 채널 오디오와 객체 오디오를 지원하는 프로툴즈용 플러그인을 개발하고 있다.



(그림 5-14) VR 오디오 제작에 활용 가능 오디오 플러그인의 예  
(왼쪽위부터 시계방향으로) Dolby 플러그인, DTS 플러그인, Auro3D  
플러그인, ETRI 플러그인

#### 5.1.4 VR 영상 제작사례

방송사에서는 360VR 콘텐츠에 지속적으로 관심을 가지고 있으며, 실험적인 차원에서 다양한 360VR 콘텐츠를 제작하고 있다. 또한, 고화질의 360VR 콘텐츠에서 소행성, 미러볼 효과 등과 같이 360VR 영상의 특성을 반영한 클립을 추출하여 지상파 방송 콘텐츠 제작에 사용하는 사례도 늘고 있다.



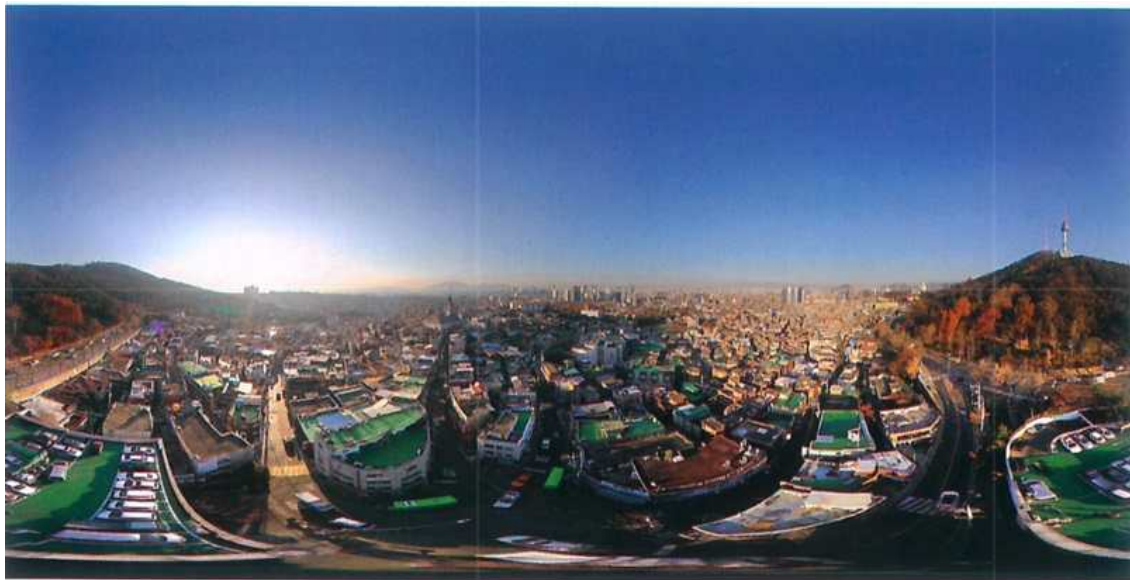
(그림 5-15) VR Clip 방송적용(KBS 씬터VR)



(그림 5-16) VR Clip 방송적용(MBC 복면가왕, 아이돌육상대회, 무한도전, 2017대선)

MBC는 8K 이상의 고화질 VR을 방송에 활용하는 기법을 개발하여 사용중이며, KBS는 ‘쉽터VR’이라는 프로그램을 지상파용 콘텐츠와 몰입형 VR 콘텐츠로 동시에 제작하여 지상파와 인터넷으로 각각 서비스하였다.

360VR 콘텐츠 제작 및 서비스 환경이 개선되면서 제작 관계자들의 관심도 증가하고 있으며, 방송사들의 360VR 콘텐츠 제작도 서서히 늘어갈 것으로 예상된다.



(그림 5-17) 360VR 콘텐츠(KBS 쉽터VR)





(그림 5-18) 360VR 콘텐츠(MBC 2016 DMC 페스티벌, 용인대장금파크 홍보영상)

미국의 NBC 방송사는 리우 올림픽의 하이라이트 영상을 360VR 콘텐츠로 제작하여 서비스하였으며, NHK는 2017년 6월 세계최초로 방송과 동기화된 360도 비디오 “Triumph World”를 제작하여 방송하였다.

#### 5.1.5 고려사항 및 문제점

360VR 영상은 기존의 영상에서 느낄 수 없는 깊은 몰입감을 제공할 수 있기 때문에, 차세대 미디어로서 많은 기대를 받고 있다. 그러나, 360VR 영상이 대중화되기 위해서는 제작, 서비스, 단말 등 많은 부분에서 아직까지 부족한 면이 많은 것이 현실이다. 여기서는 제작부분에 대한 이슈를 우선적으로 살펴보고자 한다.

상업적인 360VR 영상제작이 활성화되기 위해서는 360도 카메라의 조작성과 화질이 우선적으로 개선되어야 하며, 이를 위해서는 카메라 간의 동기가 내부적으로 구현된 안정된 형태의 일체형 카메라가 출시되어야 한다. 또한, 보다 높은 몰입감을 제공하기 위해서는 양안 입체영상을 제작할 수 있는 360도 카메라가 필요한데, 입체영상은 완벽한 스티칭 작업이 상대적으로 더욱 어렵다는 문제가 있다. 입체영상에서 스티칭 오류에 의한 양안 불일치는 심한 시각적 부작용을 초래한다. 몰입감을 높이고 눈의 부작용을 최소화하기 위해서는 스티칭 작업이 필요없는 180도 3DVR 카메라가 현실적인 대안이 될 것으로 예상된다. 그러나, 180도 3DVR 카메라도 근거리의 피사체를 촬영할 때는 가장자리 부분에서 좌,우 영상의 크기차이가 발생하기 때문에 이를 개선할 수 있는 방법을 모색할 필요가 있다.

제작, 서비스, 단말에서 요구되는 모든 조건을 충족시키는 VR 솔루션은 아직까지 존재하지 않는다. 일례로, 드라마 세트를 360도 카메라로 촬영하면 조명과 스텝 등이 노출되어 드라마의 허구성이 드러나는 단점이 있는 반면에, 뉴스나 자연 다큐멘터리, 드라마 현장 스케치 등 사실적 전달이 중시되는 장르에서는 조명 및 스텝이 포함되는 360도 촬영이 오히려 장점으로 작용할 수 있다. 이와같이, 360VR 영상은 콘텐츠의 장르, 촬영장소, 스토리 전달 방법 등 다양한 요소에 따라 요구조건과 제약사항이 달라질 수 있으므로 각각

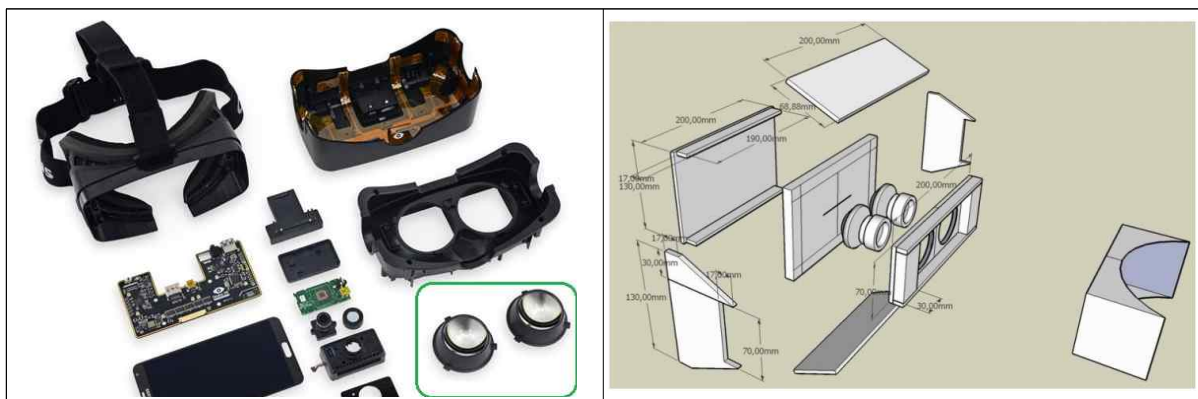
을 만족시키기 위해서는 360도/180도, 입체(3D)/모노(2D) 등 다양한 제작형식이 공존할 것으로 생각된다. 따라서, 다양한 형식의 VR 콘텐츠를 시청 단말에서 자동으로 인식하고 올바르게 재생하기 위해서는 제작, 서비스, 단말에서 관련 메타데이터를 표준화하는 작업 등이 함께 추진되어야 할 것으로 생각된다.

## 5.2 VR 콘텐츠 재현 및 단말

### 5.2.1 VR 콘텐츠 재현

VR 콘텐츠의 재현을 구성하는 요소는 크게 양안시차를 활용하여 입체감을 느끼게 하는 HMD(Head Mounted Display)의 광학 장치와 사용자에게 움직임 자유도(Degree of Freedom)를 제공하기 위한 움직임 정보 획득 장치로 구성된다.

(그림 5-19)는 대표적인 VR 콘텐츠 재현 단말인 오쿨러스 리프트와 구글 카드보드의 구성을 보여주고 있다. 두 VR 콘텐츠 재현 단말은 매우 다른 특성을 가지고 있지만, 공통적인 요소는 디스플레이 영상을 볼록렌즈로 눈에 투영하여 눈의 초점을 멀리서 잡히게 만들어 입체감을 느끼게 한다는 것이다.



(그림 5-19) (좌) 오쿨러스 리프트 분해도와 (우) 구글 카드보드 설계도

위와 같이 VR 재현에는 영상을 재생해 주는 디스플레이와 이를 시청자의 눈에 투영해 주는 렌즈가 필수적으로 사용되고 있으므로, 디스플레이의 화소(Resolution) 이슈와 렌즈의 시야각(FoV: Field of View) 이슈는 VR 재현 품질에 있어서 중요한 요소이다.

현재 VR 재현 단말의 디스플레이의 화소(Resolution)는 <표 5-1>에서 확인할 수 있듯이 대다수 1080x1200 화소로 PPI(Pixel Per Inch)로 환산하였을 경우 약 550 PPI 수준이다. 따라서 사람의 눈이 117,250 PPI 수준인 것을 감양하면, 현재 HMD를 통해 제공되는 영상은 실제 사람이 눈으로 보는 영상에 비해 약 1/30 품질로 VR 콘텐츠를 감상하고 있는 것이다. 이로 인해 많은 사용자들은 VR 콘텐츠의 화질에 대한 불만을 제기하고 있는 것이 현실이다.

시야각은 한 번에 볼 수 있는 시야 영역을 말하며, 눈을 고정하였을 때 인간의 시야각은 약 110도로 <표 5-1>에서 확인할 수 있듯이 대다수의 VR 재현 단말들은 110도 시야각을 제공하고 있다. 하지만 실제 VR 콘텐츠를 시청하는 경우 눈을 고정하는 경우는 거의 없으므로, 눈을 움직임 경우의 사람의 시야각은 좌우 약 220도, 상하 90도로 확장[6]되며, 이를 만족하는 VR 재현 단말은 현재 존재하지 않는다. 또한 강제로 VR 재현 단말의 시야각을 강제로 확장한다고 하더라도, 평면인 디스플레이를 볼록렌즈로 확대하여 보는 현재의 구조로는 렌즈에 의한 왜곡으로 화면이 구겨지고 어색하게 보이는 문제가 생긴다. 따라서 현재의 시야각 문제를 해결하기 위해서는 렌즈에 의한 왜곡을 최소화하기 위한 기술 연구와 함께 평면 형태의 디스플레이를 곡면 형태의 디스플레이로 바꾸기 위한

연구도 필요할 것으로 생각된다.

<표 5-1> VR 콘텐츠 단말의 화소와 시야각

	주요 단말			
단말	 HTC Vive	 소니 Playstation VR	 페이스북 오쿨러스 Rift	 Razer OSVR HDK
화소(per eye)	1080x1200	960x1080	1080x1200	1080x1200
시야각	110°	100°	110°	110°
단말	 삼성 기어VR	 LG 360 VR	 HTC Link	
화소(per eye)	1440x1480	920x720	1080x1200	
시야각	101°	80°	110°	

일반적으로 사용자 머리의 움직임을 YAW, Pitch, Roll의 3방향으로 정의하는데, 이를 3DoF(Degree of Freedom)라고 한다. 이러한 3DoF는 고정된 위치에서 머리와 시선 방향을 움직여 360VR 영상을 시청하는 방식으로 현재 가장 일반화 되어 있는 방식이다. 3DoF에 깊이 정보를 추가하여 제한된 크기의 위치 자유도를 부가한 후, 사용자의 움직임 정보에 연동해서 VR 콘텐츠를 재현하는 방식을 3DoF+로 정의한다. 마지막으로 3DoF+에서 위치에 대한 제한을 극복하여 사용자의 위치 이동을 자유롭게 반영하여 콘텐츠를 재현하는 방식을 6DoF로 정의한다. 이후에는 각각의 자유도 정의에 따른 주요 특징과 VR 콘텐츠 재현 예시를 알아보려 한다.

3DoF 방식은 일반적으로 (1) 파노라마 360도 영상, (2) 시점 정보 획득 장치로 구성되며 VR 콘텐츠를 사용자가 원하는 시점에서 자유롭게 시청하는 방식으로 재현된다.



(그림 5-20) 3DoF VR(Gear VR)

3DoF+ 방식은 일반적으로 (1) 제한된 깊이 360도 영상, (2) 시점 정보 획득 장치, (3) 사용자 움직임 정보 습득 장치로 구성되며 사용자가 제한된 범위에서 시청 위치를 바꿔가며 VR 콘텐츠를 시청하는 방식으로 재현된다.



(그림 5-21) 3DoF+ VR(VR Simulator - ICAROS)

(출처) <https://www.icaros.com/>

6DoF+ 방식은 일반적으로 (1) 제한된 깊이 360도 영상, (2) 시점 정보 획득 장치, (3) 사용자 움직임 정보 습득 장치, (4) 사용자 위치 정보 습득 장치로 구성되며 사용자가 자유롭게 이동하면서 VR 콘텐츠를 시청하는 방식으로 재현된다.

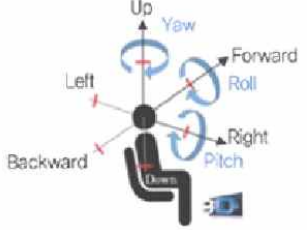
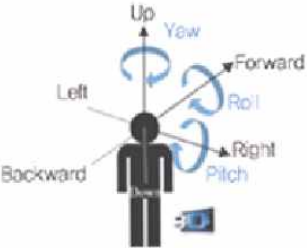


(그림 5-22) 6DoF VR(HTC Vive)

<표 5-2> 자유도에 따른 VR 콘텐츠 재현 방식 분류

자유도	주요특징		서비스
3DoF		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기본적인 360도 영상</li> <li>- 사용자의 머리나 바라보는 시점에 대한 트래킹</li> <li>- 사용자가 360도 파노라마 영상의 시점을 임의로 선택하여 시청함.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Youtube VR</li> <li>- Gear VR</li> <li>- Facebook VR</li> </ul>



3DoF+		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3DoF에 깊이 정보 추가</li> <li>- 정확한 사용자의 시점 트래킹</li> <li>- 사용자의 움직임 검출을 위한 보조기구 사용함.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Oculus Lift</li> <li>- VR Simulator</li> </ul>
6DoF		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3DoF+에 위치 정보 추가</li> <li>- 사용자의 위치 검출을 위한 보조기구 사용함.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- HTC Vive</li> <li>- HTC Link</li> </ul>

### 5.2.2 VR 오디오 재현 기술

최근까지는 스테레오, 5.1채널, 7.1채널 등과 같은 정규화 된 채널 기반의 오디오가 사용되었는데, 최근에 표준화가 완료된 MPEG-H 3D audio, Dolby 사의 AC4 등에서는 채널 오디오와 함께, 장면 기반 오디오, 객체 기반 오디오 등이 표준에 포함되었다. 이러한 장면 기반 오디오 및 객체 기반 오디오는 VR 오디오에 잘 활용될 수 있는 오디오 신호 규격으로, 최근 VR 재현에 적용되고 있다.

장면 기반 오디오의 경우 최근에는 MPEG-H 3D audio, AC-4 등의 표준에 포함되기는 하였으나, 예전부터 규격화가 완료되었고, 일부 활용이 되었던 기술이기 때문에, Youtube, Facebook에서 제공하는 VR 플레이어에서는 장면기반 오디오를 입력받아 재현하고 있다.

그러나, 객체 기반 오디오의 경우 새로운 기술로서, 방송 분야에서는 미국과 유럽 및 국내의 UHDTV 표준으로 제정이 되어 단말에서 구현이 되고 있으나, VR 콘텐츠에서는 특별한 표준이 제정되지 않은 상태로서, 아직 활용이 잘 되지 못하고 있는 상태이다.

앞서 소개하였던 Youtube, Facebook 등의 SW 플레이어를 제외한 대부분의 VR 재현 단말은 채널 기반의 오디오만을 지원하고 있으며, 채널 기반 오디오 재현 단말의 경우 머리 움직임에 따른 오디오의 연동도 잘 지원을 하고 있지 못하는 상태이다.

국내에서는 SBS, GaudioLab에서 공동 개발한 안드로이드용 앱에서 채널 기반 오디오, 장면 기반 오디오, 객체 기반 오디오 등으로 구성된 오디오를 재현하고 있는데, 헤드 트래킹에 따른 오디오 신호의 3차원 재현도 가능하다. 그러나, 다양한 형태의 오디오를 포함하는 VR 관련 오디오 표준이 없어 독자적인 규격을 사용하고 있는 상태로, 타 콘텐츠와의 호환성 측면에서는 어려움이 있는 상태이다.

### 5.2.3 VR 콘텐츠 단말

VR 콘텐츠 단말은 디스플레이와 각종 센서가 포함된 헤드셋 형태(HMD: Head Mounted Display)로 구성되어 있다. 실제 시야와 유사하게 FOV(Field Of View)값을 설정한 후, 머리의 움직임에 연동하여 360VR 영상을 둘러 볼 수 있어, 사용자는 현장에 있는 듯한 몰

입감을 느낄 수 있다.

VR 콘텐츠 단말은 콘텐츠 재생과 시점 제어 등을 위해 대용량 연산처리가 필수적인데, 이러한 연산처리를 수행하는 주체에 따라 PC/콘솔 연결형과 스마트폰 장착/연결형으로 단말 유형을 분류할 수 있다.

PC/콘솔 연결형 단말은 재생과 제어를 위한 연산을 PC/콘솔 등의 외부 기기에서 처리하고 HMD에서는 영상 표출과 센서 측정만을 수행하는 형태이다. 대표적으로 페이스북 오쿨러스 Rift, HTC Vive, 소니 Playstation VR이 이러한 형태의 단말 유형에 속한다. 높은 그래픽 처리 능력을 보유하고 있는 PC/콘솔과 사용자의 움직임/위치 정보를 정밀하게 측정하기 위한 별도의 외부 센서를 사용하여 게임 등의 분야에서 적극 활용되고 있다. 하지만 이러한 형태의 단말은 고가의 전용 HMD를 구입하여야 한다는 점, 사용 환경 설정이 복잡하다는 점, 그리고 휴대성이 떨어진다는 점에서 VR 콘텐츠를 대중화하는데 한계가 있었다.

반면, 스마트폰을 활용하여 VR용 콘텐츠를 소비하는 스마트폰 장착/연결형 단말은 비교적 저렴한 HMD, 간편한 사용 환경 설정, 그리고 높은 휴대성을 장점으로 최근 다양한 제품들이 출시되었다. 이러한 스마트폰 장착/연결형 단말은 연산, 영상 표출과 센서 측정을 모두 스마트폰에서 수행하는 장착형 단말과 연산만을 스마트폰에서 수행하고 영상 표출과 센서 측정은 HMD에서 수행하는 연결형 단말로 분류할 수 있다. 대표적인 장착형 단말은 삼성 기어 VR과 구글 Daydream으로 전용 HMD에 장착하여 VR 콘텐츠를 재생한다. 장착형 단말은 스마트폰을 HMD에 장착한 후 초점 조절 등의 간단한 환경 설정만을 거쳐 VR 콘텐츠를 재생할 수 있다는 장점이 있지만, 스마트폰 자체의 발열과 무게로 인하여 사용자가 피로감을 쉽게 느끼는 한계점이 있다. 따라서 최근에는 스마트폰 장착형 단말의 사용 편의성은 유지하면서도, 발열과 무게 문제를 해결하기 위해 스마트폰 연결형 단말이 제안되었다. 대표적인 스마트폰 연결형 단말은 LG 360 VR과 HTC Link로 두 단말 모두 HMD의 2종류(자이로, 가속도) 센서를 통해 사용자 시점 정보를 얻는 것은 동일하지만 HTC Link의 경우 PC/콘솔 연결형 단말과 유사하게 사용자 움직임/위치 정보를 정밀하게 습득하기 위한 외부 센서들을 가지고 있는 특징이 있다.

<표 5-3> VR 콘텐츠 단말

단말형태	주요 단말				
PC/콘솔 연결형	 HTC Vive	 소니 Playstation VR	 페이스북 오쿨러스 Rift	 Razer OSVR HDK	
스마트폰 장착/연결형	 삼성 기어VR	 구글 Cardboard	 구글 Daydream	 LG 360 VR	 HTC Link

#### 5.2.4 고려사항 및 문제점

현재 VR 단말은 별도의 콘텐츠 제공 플랫폼을 제공하고 있다. 즉, VR 단말을 사용하기 위해 별도의 앱을 설치해야 하고, 단말은 해당 앱에 종속되어 있다. 이러한 콘텐츠 제공 방식은 단말이 새로 출시될 때 마다 콘텐츠 수용 방식이 파편화 된다는 걸 의미하고 현재 VR 콘텐츠 수가 부족한 상황에서 사용자의 만족감을 저하시켜 VR 산업 전체에 부정적인 영향을 끼치고 있다. 이에 다양한 VR 단말이 웹브라우저라는 단일 플랫폼을 통해 VR 콘텐츠를 재현하는 것을 목표로 WebVR이 제안되었다.

WebVR은 공개 사양서로 웹브라우저에서 VR 콘텐츠를 재생하기 위한 기능을 API 형태로 정의해 놓았다. 현재 크롬, 파이어폭스 마이크로소프트 에지 브라우저에는 WebVR이 적용되어 있으며, 별도의 앱 없이 웹브라우저를 이용하여 VR 단말에서 VR 콘텐츠 시청이 가능하다. 하지만 실제로는 <표 5-4>와 같이 웹브라우저와 HMD간 인터페이스 이슈로 웹브라우저 별로 지원하는 VR 단말이 나뉘는 파편화 이슈가 남아 있다. 이렇듯 VR 산업 활성화를 위해서는 빈약한 콘텐츠 문제를 더욱 심화시키는 콘텐츠 제공 방식의 파편화를 지양하고, 단일 플랫폼으로 콘텐츠를 제공하는 VR 산업계의 전환적인 판단이 필요해 보인다.

<표 5-4> WebVR 지원 단말 현황

웹브라우저	주요 단말	
Chrome for Android	 구글 Cardboard	 구글 Daydream
Firefox for Desktop	 HTC Vive	 페이스북 오쿨러스 Rift
Samsung Internet	 구글 Cardboard	 삼성 기어VR

### 5.3 VR 플랫폼 및 서비스

#### 5.3.1 VR 플랫폼

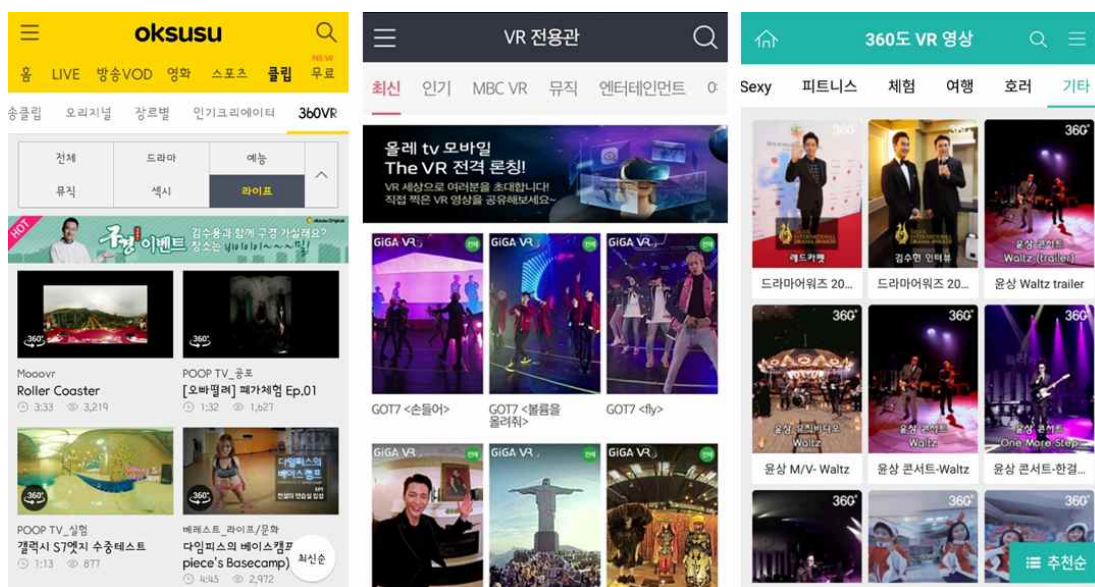
VR 플랫폼은 크게 콘텐츠를 제작 개발하는 저작도구를 제공하는 플랫폼(‘기술 플랫폼’)과 VR 콘텐츠를 사용자에게 제공하는 서비스 환경(‘유통 플랫폼’)으로 분류된다.

기술 플랫폼은 대표적으로 Unity와 Unreal Engine 등 전문 영상기술 업체들이 선점하는 가운데 청각, 후각 등 실감형 콘텐츠 구현에 주력하는 기업들도 등장하는 추세이다.



(그림 5-23) 기술플랫폼의 대표적인 예 (왼쪽) Unity, (오른쪽) Unreal Engine

유통 플랫폼은 주로 하드웨어 별로 연동된 앱스토어 형태로 VR업계 선두주자인 Oculus의 Oculus Store와 게임산업 강자인 Sony의 Playstation VR Store가 경쟁 우위를 보유하고 있고, Google VR, Vive와 연동된 SteamVR 등의 기업들이 추격하고 있다. 국내 기업들의 동향을 보면 기술 플랫폼은 주로 해외 업체에 의존하고 있으며 소수의 기업들이 유통플랫폼 구축을 추진하고 있다. 주로 통신사들이 주축이 되어 모바일 앱을 이용한 360도 VR 동영상을 서비스 하는 형태로 유통 플랫폼 사업에 진출해 있다.



(그림 5-24) 국내 통신3사의 모바일 360도 VR 동영상 유통 플랫폼  
(왼쪽부터) oksusu(SKT), 올레TV 모바일(KT), LTE 비디오포털(LG U+)

또한 통신사들은 자사의 IPTV를 통해 VR 서비스를 제공하는 유통 플랫폼 사업도 진행하고 있다. KT는 세계최초로 IPTV에서 TV 리모컨으로 즐길 수 있는 VR 서비스인 ‘올레 tv 360° GIGA VR’ 서비스를 제공하고 있으며, VR콘텐츠를 리모컨으로 상하좌우 회전 및 시야각 변경, 확대, 축소를 하면서 감상할 수 있다. 이외에도 하이퍼VR 서비스인 ‘TV쏙’을 서비스 하고 있으며, 하이퍼 VR은 이용자가 영상 속으로 들어가는 가상 출연 기술을 뜻하며, 가상현실보단 증강현실에 가깝다. 이 서비스에는 실시간 객체 추출기술, 추출된 객체를 TV 주문형 비디오(VOD)와 합성하는 실시간 합성 기술, VOD 영상 뒷 배경을 투명화해 캐릭터만 추출하는 실시간 크로마키 기술 등이 적용되었다. SK브로드밴드는 IPTV에서 클라우드 기술을 통해 VR 콘텐츠를 즐길 수 있는 ‘Btv 360VR’ 서비스를 시작, 클라우드 기술을 활용하여 성능에 관계없이 앞으로 펼쳐질 8K 초고해상도 VR 서비스에도 대응이 가능할 것이라는 전망이 있다.



(그림 5-25) IPTV를 플랫폼으로 한 VR 서비스 (왼쪽) KT, (오른쪽) SK브로드밴드

### 5.3.2 360도 VR 동영상을 지원하는 SNS

360도 VR 동영상이 보편화 되면서 이를 웹 또는 모바일 앱으로 공유할 수 있는 SNS 서비스 또한 늘어나고 있는 추세이다. YouTube, Facebook, 네이버 등 다양한 SNS 업체들이 360도 VR 동영상 공유 서비스를 지원하고 있다.

또한 YouTube는 어느 기기에서든 360도 VR 동영상을 감상할 수 있도록 Daydream View, Google Cardboard, PlayStation VR 등 다양한 플랫폼에서의 어플리케이션을 개발하여 360도 VR 동영상 재생을 지원한다.

Facebook은 누구나 쉽게 360도 VR 동영상을 실시간 스트리밍 할 수 있도록 기어360, Insta360, ALLie Camera 등 다양한 360도 카메라 기기와의 호환을 지원, 실시간 스트리밍 서비스를 제공하고 있다.





(그림 5-26) SNS VR동영상 플레이어 (왼쪽) YouTube, (오른쪽) Facebook

### 5.3.3 방송, 미디어분야 VR 서비스

방송, 미디어분야에서도 다양한 VR 서비스를 하고 있다. 방송분야에서의 VR 콘텐츠 서비스는 5.1.4절을 참고하도록 한다. 미디어 분야의 경우 국내외 유명 언론사들이 1~2년 전부터 앞 다투어 VR 저널리즘을 표방하며 점점 콘텐츠를 늘려가는 추세이다. ‘살아있는 현장을 취재하고 알린다’는 뉴스 본연의 가치를 고려하면 VR은 가장 효과적으로 현장을 전달할 수 있기 때문에 글과 사진만으로는 표현하지 못했던 현장성을 무기로 대부분의 뉴스 제작사들이 VR을 활용할 것 이라는 연구와 전망이 나오고 있다.

<표 5-5> 언론사의 VR 서비스 현황

<p>박근혜 전 대통령의 구직소 가는 길 360 VR 3월 31일 265</p> <p>친박계 의원들의 배웅 받으며 영장실 질식사 떠나는 박근혜 전 대통령 360 VR 3월 30일 193</p> <p>더불어민주당 19대 대선 후보 광주 경선, 그 치열했던 현장 360 VR 3월 29일 83</p> <p>'레이저를 또...' 우병우 전 수석 영장실질식사 출석, 취재전에 틀리 싸인 현장 360 VR 2월 17일 528</p> <p>영화 '재신' 무대 인사에 등장한 실제 인물 박준영 변호사 360 VR 2월 16일 508</p> <p>목욕부담...두번째 영장실질식사 출석한 이재용 삼성전자 부회장 360 VR 2월 16일 608</p>	<p>360° 동영상 재생이 지원되지 않는 브라우저입니다. 자세히 알아보기</p> <p>[VR Chosun] '유승민 유세 나가신다' 전동 자전거 유세 Chosun Media 구독 3.9만 조회수 551회</p>
<p><b>SBS &lt;비디오머그&gt; VR 360 뉴스 웹페이지</b></p> <p>360° 동영상 재생이 지원되지 않는 브라우저입니다. 자세히 알아보기</p> <p>[360도 VR뉴스]때 이른 초여름 날씨, 외투는 잠시 벗어주세요. TongTongTV 통통영상 구독 9.7만 조회수 290회</p>	<p><b>조선일보 &lt;VR조선&gt; VR뉴스 앱/ 유튜브</b></p> <p>ABC News VR Virtual reality news has opened the door to boundless possibilities allowing users to be anywhere we are at any time.</p> <p>Inside the Hermit Kingdom: VR Journey in North Korea</p>

<p>연합뉴스 &lt;통통티비&gt; VR 날씨리포트 / 유튜브</p>  <p>AP360° Videos and Virtual Reality</p> <p>POWERED BY AMD</p>	<p>ABC News &lt;ABC News VR&gt; 웹사이트</p>  <p>Enter North Korea Pyongyang, North Korea</p>
<p>AP통신 &lt;AP360&gt; 웹 페이지</p> <p>RECENT EPISODES IN THE DAILY 360</p> 	<p>CNN NEWS &lt;VR CNN&gt; 웹사이트</p> 
<p>뉴욕타임즈 &lt;NYT VR&gt; 웹 페이지</p>	<p>USA TODAY &lt;VR STORIES&gt; 웹 페이지</p>

국내 언론사의 경우 SBS는 ‘비디오머그’ 웹 콘텐츠 채널에 YouTube를 기반으로 VR 360 뉴스를 제공하고, 국내외 뉴스현장, 엔터테인먼트 요소 등 다양한 볼거리를 제공한다. 연합뉴스는 ‘통통티비’ YouTube 웹 콘텐츠 채널을 이용하여 날씨리포팅, 뉴스현장을 제공하고, 조선일보도 이와 유사하게 ‘VR조선’ 모바일 앱과 YouTube를 통해 뉴스현장 및 이색현장 VR 영상을 제공하고 있다.

해외 언론사의 경우 ABC News는 VR 전용 페이지를 운영하면서 다양한 VR 콘텐츠를 서비스 하고 있으며, 그 중 시리아 내전 현장과 실제로 들여다보기 힘든 체르노빌 원전 사고현장을 촬영한 영상이 눈에 띈다. 그 외 BBC, CNN, 뉴욕타임즈, AP 통신, USA TODAY 등 해외 주요 언론사들이 VR 전용 페이지와 앱을 통해 다양한 뉴스 아이템들과 시청자들이 실제로 가기 힘든 북한 현장 등을 360 VR 동영상으로 제공하고 있다.

#### 5.3.4 VR 서비스 이슈 사항

고성능 VR 헤드셋과 360도 VR 동영상 촬영이 가능한 카메라가 등장해 가상현실 활용에 큰 기대를 걸게 하고 있지만, 시장의 기대와 소비자의 수요 차가 우려되고 있다. 현재 서

비스되고 있는 VR 서비스들을 보면 HMD와 같은 VR 장비들의 불편함으로 인해 사용자들이 굳이 별도의 VR 장비를 구비하지 않고 스마트폰으로 360도 VR 동영상을 감상하는 정도에 그치고 있기 때문이다.

이는 곧 콘텐츠가 부족해 사용자가 가상현실의 유효성을 인식할 수 없게 될 가능성이 있으며, 향후 VR 산업 활성화를 위해서는 대중적 호감도를 끌어올리는 킬러 콘텐츠와 장비 보급이 필수적이라는 인식을 갖고 있다.



## 6 몰입형 미디어 표준화 동향 분석

### 6.1 MPEG 표준화 동향 및 전망

MPEG에서는 2016년 10월 중국 청두 회의에서 MPEG-I(Immersive) 표준화를 위한 공식 활동을 시작하였으며, 본 표준화에서는 새로운 미디어 서비스로 대두되고 있는 VR/AR 서비스에 활용될 수 있는 몰입형 오디오/비디오에 대한 표준화를 주요 목표로 삼고 있다. 본 절에서는 이와 관련된 MPEG-I, OMAF, Video, Audio에 대한 표준 기술 동향과 진행 상황에 대해 각각 서술하였다.

#### 6.1.1 MPEG-I 개요

MPEG-I (ISO/IEC 23090 Coded Representation of Immersive Media)는 몰입형 미디어에 대한 MPEG 차세대 프로젝트를 말한다. 비디오, 오디오에서 시스템 요소에 이르기까지 전체 콘텐츠 에코시스템을 대상으로 하는 표준 기술로 구성된 프로젝트이며, 360 VR(Virtual Reality) 비디오와 MR(Mixture Reality) 및 6DoF (Degrees of Freedom) 관련 콘텐츠를 포함한 몰입형 미디어 전체를 고려 대상으로 한다.

##### 6.1.1.1 표준화 기술 동향

#### ISO/IEC 23090 Coded Representation of Immersive Media

**Phase 1**  
목표: 360VR 영상 저장/전송  
일정: Phase 1.a (17년말)  
Phase 1.b (19년말)  
Phase 1.b는 3DoF+ 지원

**Phase 2**  
목표: 6DoF 360VR  
압축/저장/전송  
일정: Phase 2 (2021년말)

Phase 2  
In parallel  
with Phase 1.b

##### Part 1 : Immersive media Architectures

- Technical report containing architectures and nomenclature for immersive media

##### Part 2 : Omnidirectional Media Format (OMAF)

- Media file format for omnidirectional media & immersive media

##### Part 3 : Immersive Video

- Coded representation of immersive video

##### Part 4 : Immersive Audio

- Coded representation of immersive audio

##### Part 5 : Point Cloud Compression

- Coded representation of Point Clouds (including Graphic contents)

##### Part 6 : Immersive Media Metrics

##### Part 7: Immersive Media Metadata

##### Part 8: Interfaces for Network Media Processing

(그림 6-1) MPEG-I 단계별 Part 구성

MPEG-I는 총 2 단계의 Phase와 8 개의 Part로 정의되어 있고, 각 Part 마다 서로 다른 표준으로 구성되어 있다. Phase1에서는 360도 VR 영상 시청 시나리오를 목표로 진행하며 Phase2는 6축 자유도를 갖을 수 있는 6DoF VR 영상도 포함을 한다. 이를 위해 각 Part 별로 표준화를 착수 중에 있거나 일부는 이미 진행하고 있다.

## ■ Part 1: Immersive Media Architectures

MPEG-I Part 1은 MPEG-I 요구사항이 요약된 몰입형 미디어의 주요 사용 시나리오 및 아키텍처를 정의하며 MPEG-I의 전체 아키텍처를 포함하는 기술 보고서로 구성된다. 기술 보고서에는 또한 MPEG-I의 Part에서 사용되는 몰입형 미디어와 관련된 주요 용어의 정의가 포함되어 있다.

## ■ Part 2: Omnidirectional Media Format (OMAF)

MPEG-I Part 2 표준인 OMAF는 MPEG-I의 시스템 표준 규격이며 몰입형 미디어를 위한 ISO Base Media File Format (ISOBMFF)의 확장 미디어 파일 포맷 규격이다. OMAF 버전 1은 전방향 360도 비디오의 저장 및 전송을 목표로 하였으며, 향후 버전에는 3DoF+ 및 6DoF 시나리오를 지원하기 위해 표준이 확장될 예정이다.

## ■ Part 3: Immersive Video

MPEG-I Part 3는 MPEG-I 몰입형 미디어 서비스에 중요한 비디오 규격을 정의한다. 이를 위해 HEVC (High Efficiency Video Coding) 표준 이후로 Joint Video Exploration Team (JVET)을 구성하여 차기 영상 압축 기술을 위한 차기 코덱 표준 착수를 추진하고 있다.

## ■ Part 4: Immersive Audio

MPEG-I Part 4는 몰입형 오디오를 위한 규격을 정의한다. 이 부분에는 특히 6DoF 콘텐츠 표현을 위해 필요한 특정 오디오 압축 및 재생 관련 표준이 포함된다.

## ■ Part 5: Point Cloud Compression

MPEG-I Part 5는 향후 몰입형 콘텐츠를 구현하기 위한 핵심 기술로 예상되는 포인트 클라우드의 압축 관련 표준을 정의한다. 포인트 클라우드는 영상의 색을 담는 정보와 공간상의 좌표를 담는 정보를 가진 3차원 영상 표현 방법으로서 차기 6DoF 및 Mixture VR를 가능하게 하기 위한 기술로 알려져 있다.

## ■ Part 6: Immersive Media Metrics

MPEG-I Part 6에는 몰입형 미디어 생태계 전반에 걸친 사용자 경험의 품질을 정량화 하고 평가 할 수 있는 미디어 메트릭 목록이 포함되어 있다.

## ■ Part 7: Immersive Media Metadata

MPEG-I Part 7은 MPEG-I의 다른 Part에서 새롭게 정의된 메타 데이터를 총괄하는 규격 파트이다.

## ■ Part 8: Interfaces for Network Media Processing

MPEG-I Part 8에서는 몰입형 미디어의 네트워크 연동을 위한 인터페이스를 정의한다. 특히 6DoF 콘텐츠의 높은 데이터량을 필요로 하는 몰입형 미디어 서비스를 위해 클라우

드와 모바일 단말간에 복잡한 계산을 나눠 처리할 수 있도록 네트워크 인터페이스를 정의하여 전송 데이터 감소 및 단말의 배터리 런타임 향상을 가능하게 한다.

#### 6.1.1.2 표준화 진행 상황

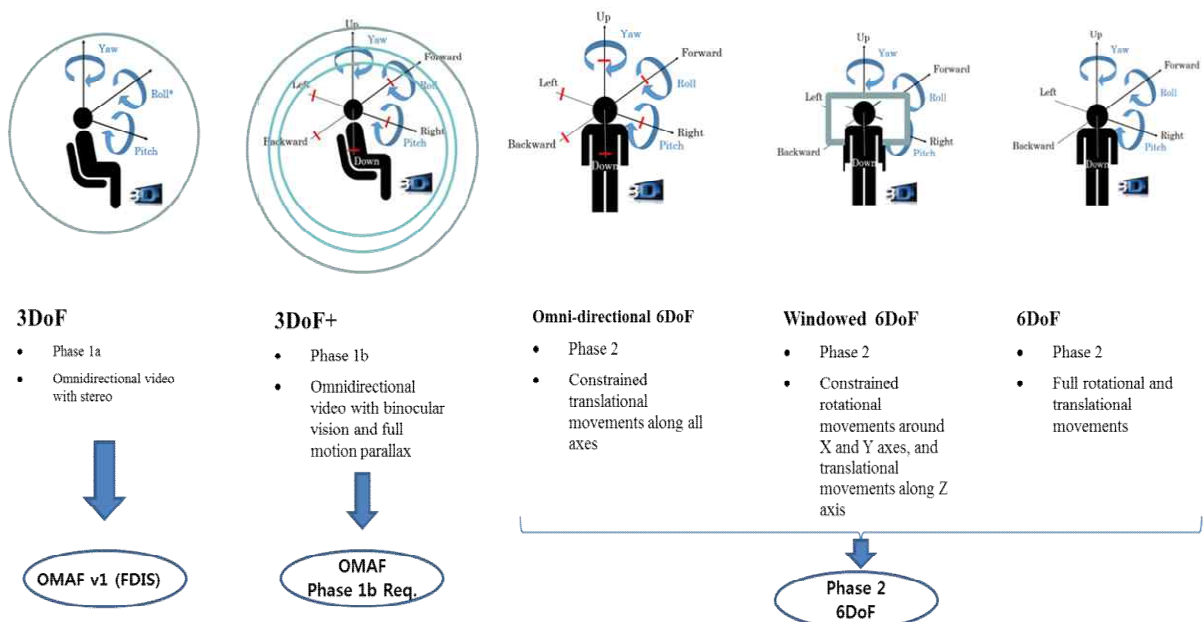
MPEG-I 타임 라인은 3 단계로 진행된다. Phase 1a 요구 사항은 360 전방향 비디오를 가능하게 하는 기술을 지원하는 반면 Phase 1b 및 Phase 2 요구 사항은 각각 3DoF+ 및 6DoF 미디어 콘텐츠를 지원하는 기술을 목표로 한다. 현재 진행 상황은 Phase 1a는 완료되었고, Phase 1b는 요구사항 정의 중이며, Phase 2는 사용 시나리오 및 요구사항 논의 중에 있다.

<표 6-1> 진행 상황

단계	목표 및 현황	완료 일정
Phase 1a	OMAF v1 (360도 VR)	17년말 (완료)
Phase 1b	OMAF v2 (3DoF+) 요구사항 논의 중	19년말
Phase 2	6DoF 사용 시나리오 및 요구사항 논의 중	21년말

#### 6.1.1.3 향후 전망 및 일정

MPEG-I에서 정의하는 사용 시나리오는 아래 그림과 같이 다양한 몰입 환경을 포함한다. 3DoF의 360도 전방향 비디오, 3DoF+ 전방향 비디오를 시작으로, 네이게이션이 가능한 콘텐츠, Social VR 및 6DoF 서비스를 위하여 표준화가 진행될 것이며 MPEG-I는 차세대 몰입형 미디어에 대한 산업계 표준이 될 전망이다.



(그림 6-2) MPEG-I 몰입감 단계 정의

### 6.1.2 OMAF Version 1

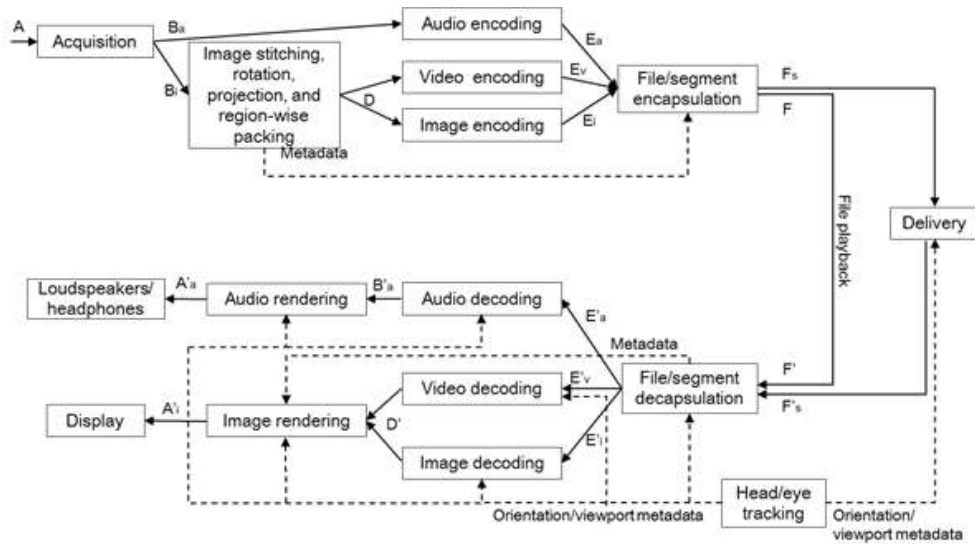
OMAF는 전방향 미디어 파일포맷 표준으로, 2015년 표준화 작업을 시작하여 현재 3 DoF 지원을 위한 OMAF version 1 표준화의 마무리 시점에 있다. OMAF는 시장의 요구에 따라 현존하는 몰입형 미디어 서비스 기술을 표준에 담아내고, 다양한 어플리케이션 서비스 시나리오 지원, 전방향 미디어 프로세싱 효율성 증대 등 향후 몰입형 미디어 서비스 기술의 방향에 대한 전망도 제시하고 있다.

OMAF 표준화는 Oculus Rift, 삼성 Gear VR 등의 HMD가 대중화 되기 시작했던 2015년 10월, 스위스 제네바에서 열린 115차 MPEG 회의에서 시작되었다. 당시 이미 시장에 전방향 미디어 서비스 및 디바이스가 보급되어 있었기 때문에 이들을 위한 공통의 어플리케이션 포맷 제정을 위한 MPEG-A MAF (Media Application Format)의 부속 표준으로 OMAF를 표준화하는 것으로 참여사들의 의견이 모아졌다. 이후 3 DoF 기반의 전방향 미디어 저장 및 전송 규격에 대한 요구사항과 기술규격 설계를 위한 논의들이 본격적으로 이어졌고, 2016년 10월 중국 청두에서 개최된 116차 MPEG 회의에서는 3DoF 기반의 저장, 전송 규격 표준뿐만 아니라, 6 DoF를 몰입형 미디어를 위한 Systems, Visual, Audio, Graphics를 포괄하는 MPEG-I 표준 제정의 장기적 계획이 수립되었다. MPEG-I는 현재 OMAF의 3 DoF를 시작으로, 3 DoF+, Omnidirectional 6 DoF, Windowed 6 DoF, 6 DoF와 같이 사용자가 경험할 수 있는 시각적 자유도에 대한 개념을 세분화하여 2021년 까지의 표준화 작업을 계획하고 있다.

OMAF는 이후 MPEG-I의 부속표준으로 이동하게 되었고, 2017년 말까지 3 DoF 표준화 완료라는 MPEG-I의 계획에 따라 표준화 작업의 속도를 높여, 2017년 1월에 Committee Draft (CD), 4월에 DIS (Draft International Standard), 7월에는 Study of DIS를 발간하였으며, 10월 마카오에서 개최된 120차 MPEG 회의에서 FDIS (Final Draft International Standard)가 발간되었다.

#### 6.1.2.1 표준 기술 개요

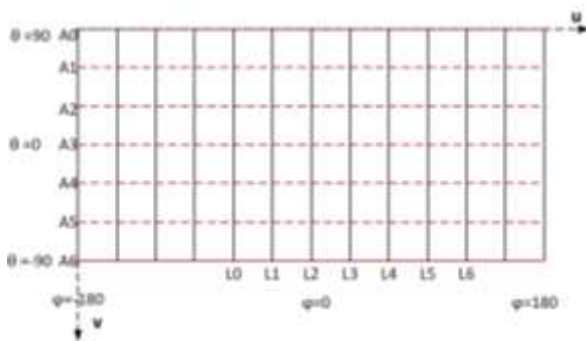
OMAF는 전방향 미디어 서비스를 위한 저장 포맷 표준으로, 기존의 2D (2-dimensional) 미디어 처리를 위한 획득, 압축, 저장, 전송을 위한 요소기술들을 기반으로 설계되고 있다. 또한, 전방향 이미지, 비디오 처리를 위한 새로운 프로세싱 단계들과 여기에 필요한 메타데이터들을 기술 범주로 포함한다. 다음 그림은 OMAF 콘텐츠의 동작흐름을 end-to-end 관점에서 보여주고 있으며, 이러한 동작 흐름속에 다음의 기술 요소들을 포함한다.



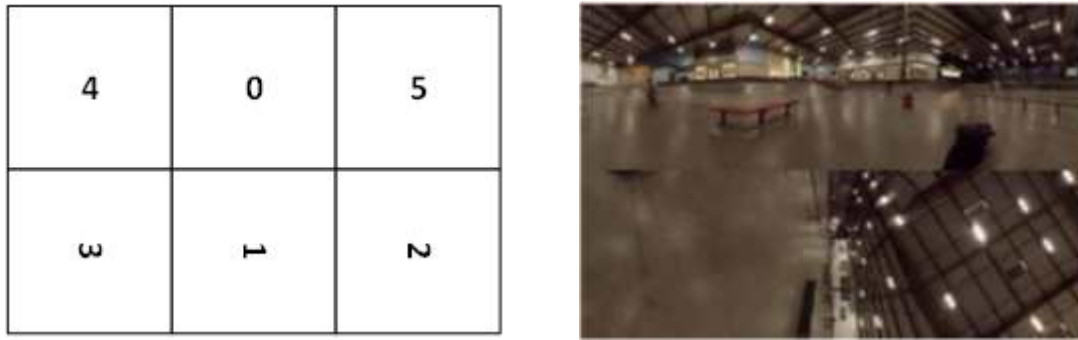
(그림 6-3) OMAF 콘텐츠 동작 흐름도

## ■ 스티칭(stitching), 프로젝션(projection)

전방향 미디어는 오디오 센서와 카메라들로부터 획득된다. 일반적으로 전방향 비디오, 이미지는 여러 대의 카메라로부터 획득되며, 획득된 이미지를 하나로 연결하는 스티칭(stitching), 3D 공간상의 전 방향 이미지를 정해진 포맷의 사각형 픽처에 투영하는 프로젝션(projection)과정을 거치게 된다. 다양한 프로젝션 포맷들이 연구/개발되고 있으며, OMAF는 현재 시장에서 보편적으로 사용되는 Equi-Rectangular Projection (ERP), Cube Map Projection (CMP)을 지원하고 있다. 다음 그림들은 각각 ERP, CMP에서의 프로젝션 방법을 보여주고 있다.



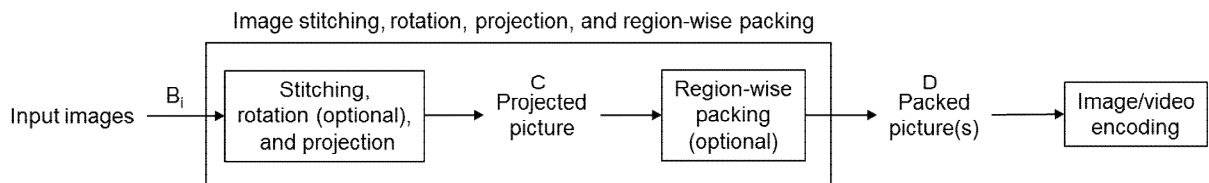
(그림 6-4) Equi-Rectangular Projection (ERP)



(그림 6-5) Cube Map Projection (CMP)

### ■ 리전와이즈 패킹 (region-wise packing)

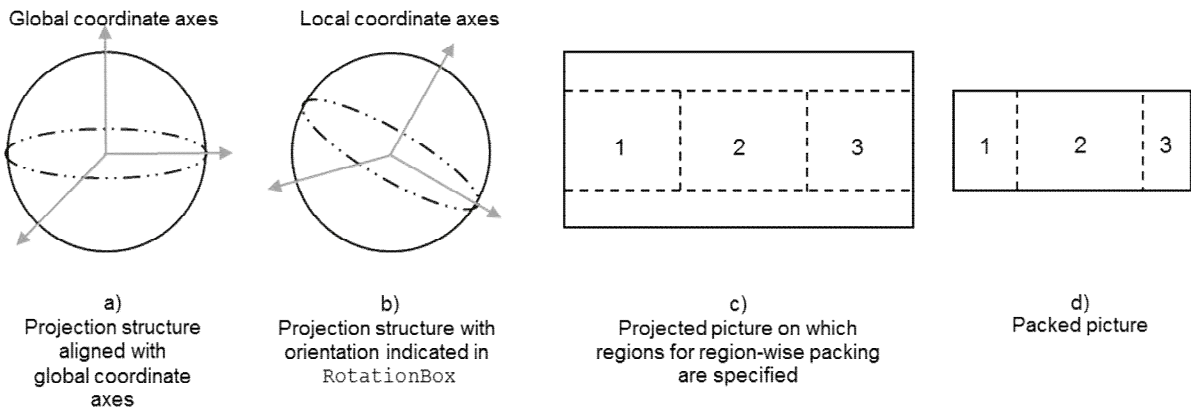
프로젝션의 결과물인 프로젝티드 픽처 (projected picture)는 선택적으로 리전와이즈 패킹 (region-wise packing) 과정을 거칠 수 있다. 이 과정에서 프로젝티드 픽처를 구성하는 영역들의 위치, 크기 및 방향을 변형시킬 수 있으며, 전체적인 압축 효율을 높이거나, 특정 뷰포트 (viewport)에 해당하는 영역의 해상도를 다른 영역에 비해 높게 처리함으로써 사용자 시점 기반 프로세싱에 사용될 수 있도록 픽처의 구성을 가공하여 팩트픽처 (packed picture)를 생성한다.



(그림 6-6) 리전와이즈 패킹 (region-wise packing)

### ■ 좌표계 변환 (coordinate conversion)

OMAF는 스티칭, 프로젝션, 리전와이즈 패킹에 걸친 팩트픽처 생성 과정에 있어서, 3차원 공간의 회전 (rotation) 정도와 전방향 콘텐츠의 시야범위 (coverage)를 시그널링 할 수 있는 메타데이터를 제공한다. 이러한 메타데이터를 이용하여, 중심점 (center point) 위치 이동을 통한 압축 효율 향상, 360도 이하의 비디오 콘텐츠 지원 등 다양한 콘텐츠 형태와 목적을 갖는 전방향 미디어 어플리케이션 서비스가 가능하도록 하고 있다.



(그림 6-7) 팩트(Packed)픽처 생성을 위한 프로세싱 단계

### ■ 피쉬아이 (fisheye) 비디오

피쉬아이 비디오는 앞서 설명한 스티칭 및 프로젝션 과정을 거치지 않고 피쉬아이 렌즈를 통해 획득된 써클러 이미지 (circular image)들을 픽처에 직접 배치하는 방식이다. 전방향 비디오 획득을 위해 보통 두 개 또는 그 이상의 피쉬아이 렌즈와 써클러 이미지가 사용된다. 앞서 설명한 ERP, CMP와는 달리 비디오의 인코딩 전에 스티칭/프로젝션 및 리전와이즈 패킹 과정을 거치지 않으며, 써클러 이미지들이 사용자 디바이스에 직접 제공되어 스티칭 및 렌더링 되는 방식이다. OMAF는 이러한 피쉬아이 비디오의 스티칭 및 렌더링 지원을 위한 피쉬아이 비디오 파라미터들을 제공한다.

### ■ 타임드 메타데이터 (timed-metadata)

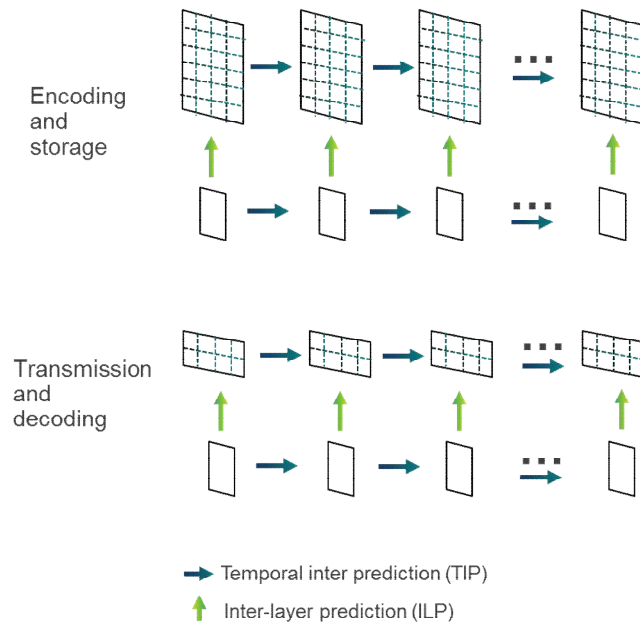
OMAF는 미디어 데이터의 프로세싱과 관련된 메타데이터뿐만 아니라, 전방향 어플리케이션 서비스에서의 사용자 경험 향상을 위한 타임드 메타데이터 (timed-metadata)를 제공하고 있다. 초기 시점 (viewing orientation), 추천 뷰포트 (recommend viewport)와 같이 전방향 미디어의 재생 시간 흐름에 따라 변화하는 시점, 뷰포트 관련 데이터들을 제공하고 있다.

### ■ 사용자 시점기반 프로세싱 (viewport dependent processing)

전방향 비디오의 압축과 전송에 있어서 많은 관심을 받고 또 하나의 기술요소는 사용자 시점 기반 프로세싱 (viewport dependent processing)이다. 전방향 비디오의 특성상 사용자는 항상 전체 비디오의 일부에 해당하는 뷰포트만을 시청하고 있으므로, 뷰포트에 해당하는 일부분에 해상도, 대역폭 등의 자원을 집중하여 사용한다면, 프로세싱 효율을 향상시킬 수 있을 것이다.

아래 그림은 MCTS (Motion-Constrained Tile Set)와 SHVC (Scalable extension of HEVC)을 이용한 사용자 시점 기반 프로세싱의 예를 보여준다. 저화질의 base layer는 전체 비디오를 부호화하고, 고화질의 enhancement layer는 전체 비디오를 MCTS로 분할하여 부호화 한다. Enhancement layer는 사용자의 뷰포트에 따라 해당 MCTS만 전송, 복호화된다. 사용자 시점에 상관없이 항상 제공되는 저화질의 base layer는 사용자 시점

이동과 실제 뷰포트 이미지가 사용자에게 보여지기 까지의 지연시간 (Motion-to-photon latency)에 사용자에게 제공될 수 있어, 사용자 경험 악화를 최소화 할 수 있다.



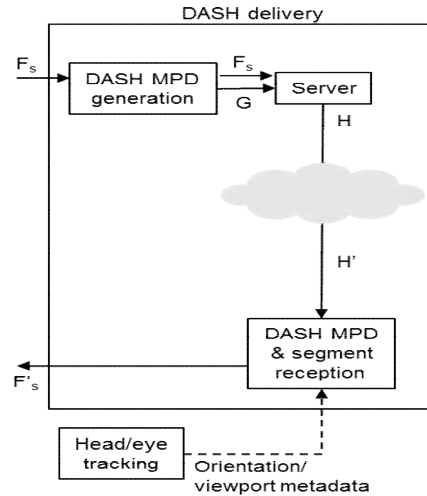
(그림 6-8) MCTS와 SHVC를 이용한 사용자 시점 기반 프로세싱의 예

#### ■ DASH를 통한 전방향 미디어 전송

DASH AhG (Add-hoc Group)에서는 IP/TCP 환경에서 사용자 시점기반 화질/대역폭 적응적 전방향 미디어 서비스를 제공하기 위한 DASH-VR 표준화를 수행 중이다. 현재 DASH-VR은 3DoF (Degrees of Freedom)를 지원하는 전방향 미디어의 전송 표준화에 집중하고 있으며, 관련 요구사항을 토대로 고품질 VR전송에 대한 Core Experiment (CE)가 진행 중이다.

다음의 그림과 같이 DASH를 통한 OMAF 전송을 위해 전방향 미디어 전송 관련 메타데이터 지원을 위한 DASH MPD(Media Presentation Description) 확장 방안과, head/eye tracking을 통해 사용자 시점에 해당하는 DASH segment의 선택적 송수신 방안이 논의되고 있다.



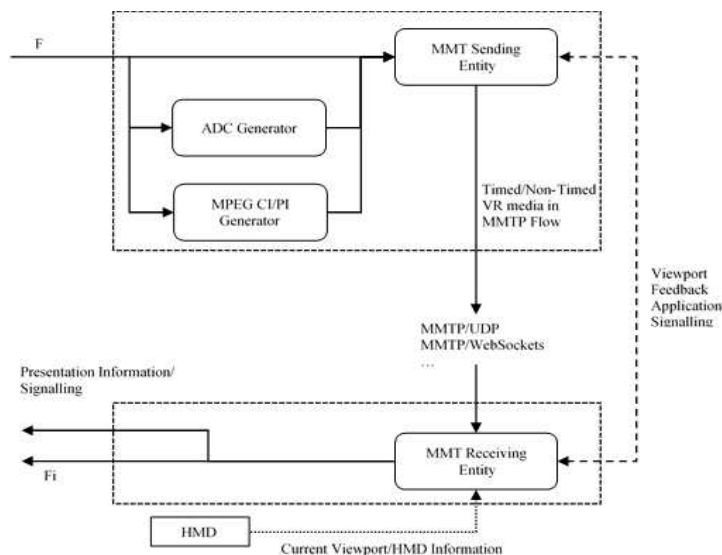


(그림 6-9) DASH를 통한 OMAF 콘텐츠 전송

### ■ MMT를 통한 전방향 미디어 전송

MMT AhG에서는 IP/UDP 환경에서 전방향 미디어를 사용자 시점, 제작자 시점기반으로 효율적으로 전송하기 위한 MMT-VR 표준화를 수행 중이다. 모바일 환경에서의 FoV (Field of View) 스트리밍 및 웹 환경에서의 타일드 미디어 스트리밍을 MMT 기반으로 지원하기 위한 세션 컨트롤 등 MMT 개선사항에 대한 CE가 진행 중에 있다.

다음의 그림과 같이, MMT를 통한 OMAF 전송을 위해 전방향 미디어 전송 관련 메타데이터 생성과, head/eye tracking을 통해 사용자 시점에 해당하는 MMTP Flow의 효율적 송수신 방안이 논의되고 있다.



(그림 6-10) MMT를 통한 OMAF 콘텐츠 전송

### ■ OMAF 프로파일

OMAF는 앞서 설명한 기술요소들과 기존 오디오/비디오/이미지 코덱들을 기반으로 전방

향 오디오/비디오/이미지 서비스를 제공하기 위한 다음과 같은 프로파일들을 제공한다.

- HEVC기반 사용자 시점 독립 비디오 프로파일 (HEVC-based viewport-independent profile) : HEVC Main 10 profile, Main tier, Level 5.1 사용
- HEVC 기반 사용자 시점 기반 비디오 프로파일 (HEVC-based viewport-dependent profile) : HEVC Main 10 profile, Main tier, Level 5.1 사용, viewport-dependent processing을 위한 SEI message 및 ISO Base Media File Format 추가 제약사항을 가짐
- AVC 기반 사용자 시점 기반 비디오 프로파일 (AVC-based viewport-independent profile) : AVC Progressive High profile, Level 5.1 사용
- 3D 오디오 베이스라인 프로파일 (3D audio baseline profile) : MPEG-H 3D Audio Low Complexity profile, Level 1-3 사용
- 2D 오디오 레거시 프로파일 (2D audio legacy profile) : AAC HE-AAC 또는 HE-AACv2 profile, Level 4 사용
- HEVC 이미지 프로파일 (HEVC image profile) : HEVC Main 10 profile, Main tier, Level 5.1 사용
- 레거시 이미지 프로파일 (legacy image profile) : JPEG 이미지 사용

#### 6.1.2.2 향후 전망 및 일정

OMAF version 1 표준화가 완료된 2017년 이후에도 MPEG-I의 계획에 맞춰 3 DoF+ 등을 지원하는 OMAF version 2 표준화 작업이 2018년 말까지 계속될 예정이다. OMAF version 2에서는 사용자 시점 자유도 확장과 사용자 시점 기반 프로세싱 등 OMAF version 1의 성능 개선 및 기능 확장 등의 주제가 논의될 것으로 전망된다. 특히 마카오에서 개최된 120차 MPEG 회의에서는 OMAF version 1의 FDIS를 발간하는 동시에, 서브픽처 스트림 (sub-picture)을 이용한 사용자 시점기반 프로세싱 기술을 OMAF version 2에서 논의하기로 결정하고 이에대한 TuC (Technologies under Consideration)를 발간하였고, 새로운 프로젝션 포맷, 리전와이즈 패킷 타입 및 다이내믹 리전와이즈 패킹 등 version 1에서 마무리되지 않은 기술들을 “List of proposed features and technologies for OMAF amendment”라는 제목의 문서로 발간하였다. 이러한 기술들이 잠정적인 OMAF version 2의 표준화 항목이 될 것으로 예상된다.

#### 6.1.3 Video

2015년 ISO산하 SC29/WG11 MPEG과 ITU산하 Q6/SG16 VCEG은 차세대 비디오 코딩 표준을 위한 스터디 그룹을 만들기로 합의했다. HEVC 이후 새로운 비디오 코딩을 준비하는 그룹인 Joint Video Exploration Team (JVET)은 전통적인 2D 영상을 포함하여 새롭게 등장한 영상들 또한 차세대 표준의 대상으로 하였다. 구체적으로 SDR, HDR, 360도 비디오 영상을 위한 차세대 압축 표준 코덱을 위한 기술 발굴 하는 것을 목표로 삼았으며, 지난 2년 동안 SDR, HDR, 360도 비디오 분야에서 다양한 기술들을 수집하여 다가올 차세대 비디오 압축 표준 코덱을 준비하였다.

지난 2017년 10월 마카오 미팅에서 SC29/WG11 MPEG과 ITU산하 Q6/ SG16 VCEG은 Call for Proposal 문서 함께 발간하였고, 동시에 공식적 워킹그룹인 Joint Video Expert Team (JVET)을 만들어 차세대 압축 코덱 표준화를 시작하였다. 또한, HEVC도 360도 비디오 영상 부호화를 위한 SEI 정의를 하였으며, 이에 보고서는 360도 영상 관련 HEVC 360도 비디오 부호화 표준 기술 소개와 함께 JVET 비디오 표준화 기술 동향, 표준화 진행 상황, 향후 전망 및 일정을 정리하였다.

#### 6.1.3.1 HEVC기반 360도 영상 코딩을 위한 SEI

MPEG 및 JCT-VC에서는 2017년 1월 제네바에서 열린 117차 MPEG 회의에서 “Additional supplemental enhancement information”이라는 제목의 HEVC의 부속 표준을 PDAM으로 상정하고 표준화 작업을 진행하여 왔다. 마카오에서 열린 121차 MPEG 회의에서는 부속표준을 FDAM으로 승인하였다. 부속표준에서는 HEVC 비트스트림의 디코딩, 디스플레이, 기타 과정을 돕기 위한 목적으로 사용되는 HEVC의 추가 SEI message들을 정의하였으며, 특히 360도 비디오 부호화를 위한 다음과 같은 SEI 메시지를 정의하고 있다. 정의된 SEI 메시지를 통해 OMAF에서 정의된 ERP와 CMP와 같은 프로젝션 포맷을 지원하고 리전와이즈 패킹, 회전 등 OMAF에서 지원하는 기능들을 HEVC 비트스트림 레벨에서 동일하게 지원하고 있다.

##### ■ Equirectangular projection SEI message

현재의 비트스트림의 ERP 포맷임을 알려주어 디코딩된 영상을 3D 공간상에 리맵핑(remapping) 할 수 있게한다. 추가적으로 패딩(padding)과 가드밴드(guardband)가 적용되었을 경우 이에 대한 정보를 제공한다.

##### ■ Cubemap projection SEI message

현재의 비트스트림의 CMP 포맷임을 알려주어 디코딩된 영상을 3D 공간상에 리맵핑(remapping) 할 수 있게 한다.

##### ■ Sphere rotation projection SEI message

앞서 OMAF에서 설명한 좌표계 변환 정보와 유사하며, 360 비디오에 사용된 3D 좌표계가 지준 좌표계(global coordinate)와 다를 경우 기준 좌표계로부터 회전한 정도에 대한 정보를 제공한다.

##### ■ Region-wise packing SEI message

앞서 OMAF에서 설명한 리전와이즈패킹 정보와 유사하며, 리전와이즈 패킹이 적용된 경우에 패킹 방법에 대한 정보를 제공한다.

##### ■ Omnidirectional viewport SEI message

앞서 OMAF에서 설명한 타임드 메타데이터와 유사하며, 사용자에게 추천되는 뷰잉 오리엔테이션(viewing orientation) 정보를 제공한다.

### 6.1.3.2 JVET video 표준화 기술 동향

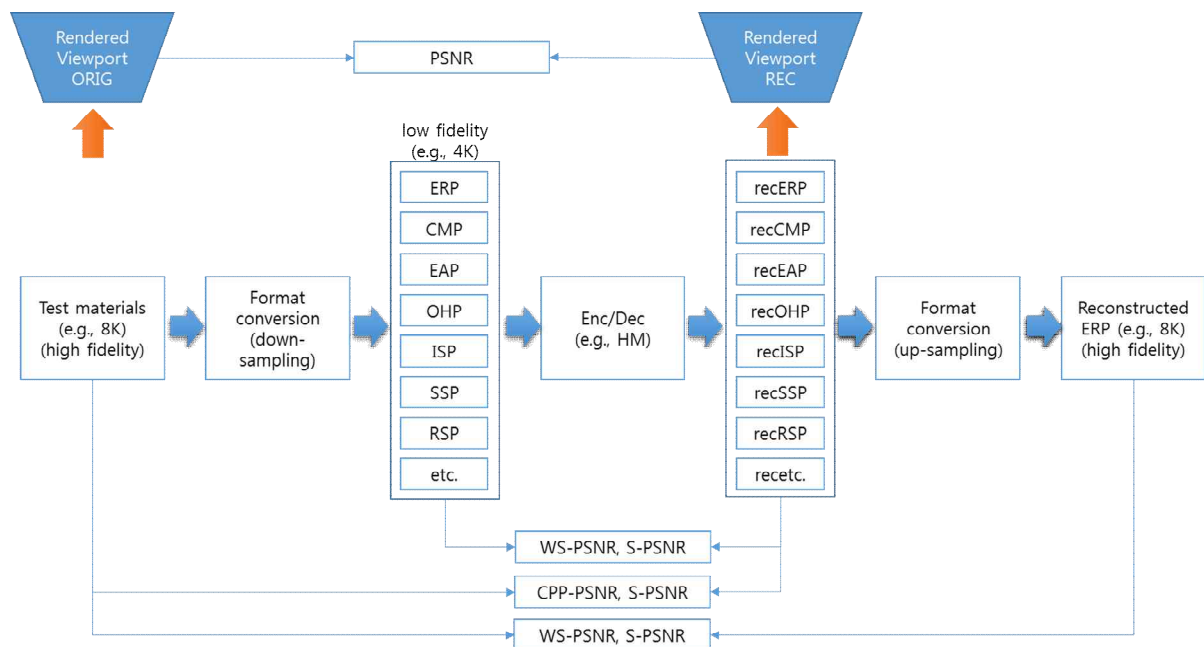
#### 6.1.3.2.1 360도 영상을 위한 표준 비디오 코딩

기본적으로 MPEG 및 VCEG은 2D 이미지 및 영상을 코덱 표준의 대상으로 삼는다. 코덱 표준은 디코더의 신택스 및 디코딩 과정을 표준의 의무조항(normative)으로 삼기에, 인코딩 과정 및 선처리 과정 (pre-processing), 후처리 과정(post-processing), 렌더링등은 표준에서 제약하지 않고 있다. 하지만, 360도 영상의 경우, 3D 영상을 2D 영상으로 혹은 그 반대의 절차가 필요하고, 그 과정에서 전-후처리는 압축 성능에 영향을 미치기 때문에, 현재 JVET에서는 선처리 및 후처리를 고려한 스터디가 진행 중이다. 특별히 프로젝션 변환과정이 코딩성능에 미치는 영향력에 대한 스터디가 깊이 있게 진행되어 왔다.

#### 6.1.3.2.2 프로세싱 체인

JVET에서 사용하는 360도 VR 압축을 위한 테스트 영상은 Equi-rectangular projection format (ERP) 프로젝션 방식으로 만들어진 2D기반 8K 해상도 영상을 사용한다. 현재 시장에서 사용되는 360 영상 카메라는 대부분은 저장순간 2D기반 ERP 프로젝션 방식으로 저장되기에, 테스트 영상 또한 ERP 프로젝션 방식으로 만들어진 영상을 사용하였다.

(그림 6-11)은 JVET에서 정한 360도 영상 기본 프로세싱 체인을 나타낸다. 먼저 8K영상이 초기 입력으로 사용되고, 다운 샘플링 과정과 함께 사용하고자 하는 포맷으로 변환한다. 이렇게 변환된 특정 프로젝션의 4K 2D영상이 인코더의 입력 값이 된다. 이 후 인코딩/디코딩 과정을 거쳐 나온 특정 프로젝션의 4K 2D영상은 바로 Viewport renderer를 통해 3D 영상으로 변환될 수 있으며, 혹은 원본과 같은 ERP 8K 영상으로 업샘플링되어 아웃풋으로 출력되기도 한다.



(그림 6-11) JVET에서 정한 360도 영상 기본 프로세싱 체인

### 6.1.3.2.3 프로젝션

프로젝션 방법은 3D를 구성하는 방식과 3D상에 있는 영상을 인코딩 하기 전에 2D영상으로 바꾸는 과정을 말한다. 현재 JVET에서는 다양한 방식의 프로젝션 방식이 제안 되어 있으며, 각 프로젝션 방식이 코딩 성능에 미치는 영향을 파악하기 위해, 성능적 혹은 기능적으로 이득이 있다고 판단되는 프로젝션들을 수집하여 SW에 구현하였다. 현재, 각 프로젝션 방식은 인/디코더와 함께 스터디 되고 있다.

#### ■ Equi-rectangular projection format (ERP)

산업계에서 가장 많이 쓰이고 있는 포맷이다. 3D를 구로 모델링 하였으며, 3D영상을 2D영상으로 변환 시 경도를 x축으로 위도를 y축으로 바꾸어 맵핑시킨다. 세계지도를 나타낼 때 가장 많이 쓰이는 방법과 동일하다.

#### ■ Cubemap projection format (CMP)

3D를 정육면체로 모델링 하였으며, 3D영상을 2D영상으로 변환 시 6개의 사각형을 하나의 평면으로 맵핑시킨다. 6개의 사각형을 하나의 평면으로 맵핑과정시 다양한 레이아웃이 가능하며, 현재는 3x2 레이아웃이 디폴트로 쓰이고 있다.

#### ■ Equal-area projection format (EAP)

ERP 포맷과 유사하게 3D를 구로 모델링하였으며, 3D영상을 2D영상으로 변환 시 경도를 x축으로 위도를 y축으로 바꾸어 맵핑시키지만, ERP와는 달리 경도를 y축 맵핑시 uniform 맵핑이 아닌 non-linear 맵핑을 쓴다. 해당 맵핑을 쓰는 경우 2D상에서 나타내는 영역의 크기가 3D상과 같은 비율이 되는 장점이 있다.

#### ■ Octahedron projection format (OHP)

3D를 정팔면체로 모델링 하였으며, 3D영상을 2D영상으로 변환 시 8개의 정삼각형을 하나의 평면으로 맵핑시킨다. 8개의 정삼각형을 하나의 평면으로 맵핑과정 시 다양한 레이아웃이 가능하다.

#### ■ Icosahedron projection format (ISP)

3D를 정이십면체로 모델링 하였으며, 3D영상을 2D영상으로 변환 시 20개의 정삼각형을 하나의 평면으로 맵핑시킨다. 20개의 정삼각형을 하나의 평면으로 맵핑과정 시 다양한 레이아웃이 가능하다.

#### ■ Segmented sphere projection format (SSP)

ERP 포맷과 유사하게 3D를 구로 모델링하였으며, 3D영상을 2D영상으로 변환 시 3개의 부분으로 나누어 맵핑시킨다. 위도 -45도부터 +45도까지는 ERP와 동일하게 2D상으로 맵핑시키나, -45도 이하, +45도 이상인 부분은 원으로 2D상에 맵핑시킨다. 각 부분은 6개의 정사각형으로 구성을 할 수 있다.

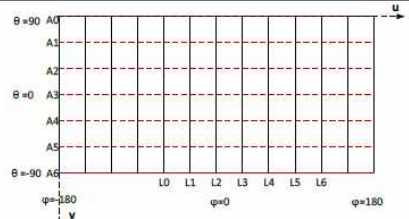
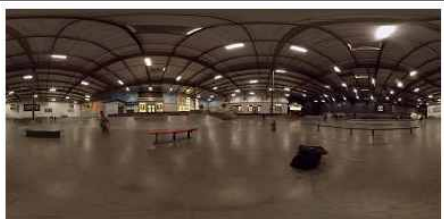
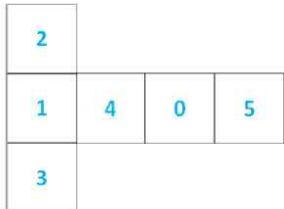

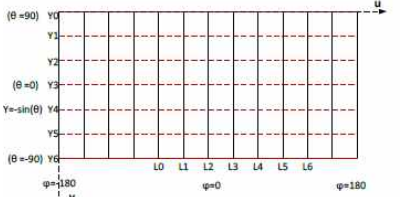

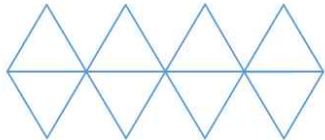

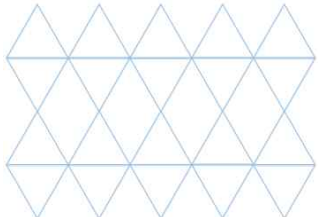

## ■ Rotated Sphere Projection (RSP)

ERP 포맷과 유사하게 3D를 구로 모델링하였으며, 3D영상을 2D영상으로 변환 시 2개의 페이스를 2D상으로 맵핑시킨다. 해당 페이스 구성은 테니스공을 구성하는 페이스와 동일하다.

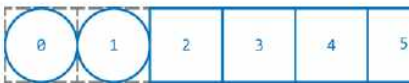

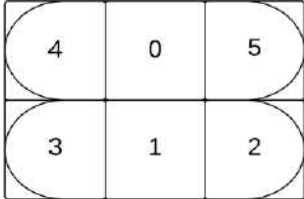
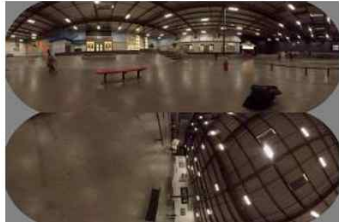
## ■ 그 외의 프로젝션

위에서 언급된 외에 Truncated Square Pyramid (TSP), Adjusted cubemap projection (ACP), Equi-Angular Cubemap projection (EAC) 등이 360Lib에서 지원한다. 대부분 CMP에서 파생된 프로젝션 방법들이다.

<표 6-2> 프로젝션 방식 및 예제

Projection	Frame packing	Example
Equi-rectangular		
Cubemap		
Equal-area		
Octahedron		
Icosahedron		
Segmented sphere		



		
Rotated Sphere		

#### 6.1.3.2 표준화 진행 상황

토리노에서 열린 6차 JVET미팅에서는 Future Video coding과 관련된 CfE 결과가 발표되었다. SDR, HDR, 360도 영상 이렇게 3가지 항목으로 CfE를 응답을 받았으며, 360도 영상의 경우 3개의 기관에서 관련 기술을 제출하였다. 각 기관에서 제출한 기술은 각자가 개발한 프로젝션 포맷에 코어 코덱을 적용하였으며, 제출된 문서에 따르면, 객관적 성능이 모두 우수한 것으로 나타났다.

CfE 응답을 평가 하기 위해 토리노 미팅에서는 전문가로 구성된 평가단이 주관적 화질 평가를 진행하였다. 평가단은 Anchor (현재 기술)인 ERP 프로젝션 + HEVC 코덱과 비교하여 제출된 기술이 동일 비트레이트에서 얼마나 좋은 성능을 나타내는지 점수를 매겼다. 1(원본과 다름)-5(원본과 동일) 사이의 점수를 매겨 각 응답 기술이 주관적 성능향상을 확인하였는데, 평균적으로 동일화질이라 간주되는 구간에 Anchor에 비해 절반의 비트레이트이 확인되었다. 다시 말해 동일 화질을 나타내기 위해서 응답한 기술은 2배의 압축 성능을 나타내는 것이 증명되었다.

현재 새로운 코덱의 목표가 2배 압축 성능 향상 (50% 비트레이트 감소)인 것을 고려하여 보았을 때, 시장에서 기술 성숙도는 이미 충분한 것으로 판단되었다. 따라서, 이제 JVET에서는 새로운 표준을 시작하기로 정하고 남은 절차를 밟아 나가기로 결정하였다.

7차 JVET미팅에서는 Future Video coding과 관련된 CfP문서를 MPEG과 VCEG이 공동 발간하였으며, 해당 문서에는 CfP 응답을 위한 실험 환경 및 규칙, 그리고 logistic에 관련된 내용이 있다.

#### 6.1.3.3 향후 전망 및 일정

예상되는 남은 일정은 2018년 CfP응답 및 테스트 모델 선정, 2018년 WD 발간, 2019년 CD 발간, 2020년 IS 확정으로 예상된다. CfP에 기록된 구체적인 일정은 다음과 같다.

<표 6-3> 표준화 진행 일정

일정	내용
2017/11/01	공식적 CfP 응답 등록 시작
2017/11/15	Anchor 비트스트림 제공
2017/12/15	공식적 CfP 응답 등록 완료
2017/02/15	CfP 응답 자료 제공 완료

2017/03/01	주관적 평가 시작
2018/04/02	CfP 응답 문서 등록
2018/04/10	주관적 평가 크로스체크 및 평가 결과 공개
2018/04	테스트 모델 선정 시작
2018/10	테스트 모델 선정 완료
2020/10	표준 완료

CfP 응답은 SDR, HDR, 360도 영상으로 나누어 할 수 있으며, 360도 영상의 경우 SDR과 달리 포매팅 변환 및 패딩을 위한 전-후 처리가 허용이 된다.

현재까지 JVET에서 스터디된 360도 영상을 위한 코덱 기술을 확인하여 보면, CfP때 응답하는 기술들은 특정 포맷 + 코어 코덱이 될 것으로 예상된다. 코어 코덱은 SDR용으로 쓰인 코덱이 될 것이라 예상이 되며, 360도 영상을 위한 톨 제안은 제한적이 될 것이라 판단된다. 따라서 향후 360도 영상을 위한 표준 진행은 전-후 처리를 위한 포맷 변환, 그리고 이와 관련된 선택스 정의가 될 가능성이 클 것으로 예상되며, 향후 표준을 위해서는 해당 이슈를 눈여겨 보아야 할 것이다.

새롭게 등장한 360도 영상 기술은 소비자에게 생동감 넘치는 실감성을 제공하고 있으며, 현재 빠른 속도로 시장을 확대하고 있다. 전통적인 방식의 2D 영상의 경우 한쪽 방향의 영상을 캡처링하여 저장, 전송, 재생의 과정을 거치면 되었지만, 360도 영상의 경우, 기존 대비 2~5배의 넘는 공간을 표현하기 위해 소요되는 데이터의 용량은 막대하며, 실시간 서비스를 하기에 현재 코덱은 성능이 충분하지 않은 수준이다. 현재 새롭게 진행하는 360도 영상을 위한 표준이, 시장에서 요구하고 있는 저장공간 및 전송대역폭의 문제를 해결할 수 있을지 지속적으로 지켜봐야 할 것이다.

#### 6.1.4 오디오 표준화 동향

MPEG에서는 채널 오디오와 함께 장면 기반 오디오 및 객체 기반 오디오를 저장, 압축, 전송, 재현하는 표준인 MPEG-H 3D audio 표준화를 2016년도 까지 진행하였다.

MPEG-H 3D audio의 경우 장면 기반 오디오와 객체 기반 오디오를 지원하기 때문에, 3DoF 환경에서의 오디오 신호의 저장 및 재현을 대부분 지원한다고 볼 수 있다.

최근에 MPEG의 오디오 표준화 그룹에서는 AR/VR 표준화를 진행하고 있는 MPEG-I, OMAF 그룹과 오디오 관련 요구사항을 논의하고 있으며, 오디오 전문가 그룹에서 AR/VR use case를 다루기 위해 필요한 오디오 기술 등을 정리한 “Thoughts on AR/VR and 3D Audio”문서를 118차 MPEG 회의에서 발행하는 등 3DoF 및 6DoF VR 환경에서의 오디오 지원을 위한 표준화를 진행하고 있다.

MPEG 118차 회의에서는 VR 3D audio의 서비스 시나리오와 오디오의 렌더링 측면에서 고려하여야 할 지연 시간 등에 대한 논의가 이루어졌는데, 아래와 같은 내용이 포함되어 있다.

#### ■ 시나리오

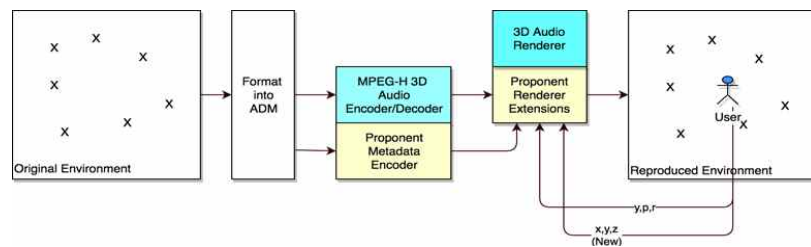
- 360 Movie - 3DoF
- 360 Movie with head movement - 3DoF+

- Virtual Reality – 3DoF(예: 콘서트 홀에서 좌석 선택)
- Windowed 6DoF
- Virtual Reality-6DoF(예: 게임)
- Augmented Reality

#### ■ 렌더링 지연 시간

- 현재까지의 연구 결과와 Head tracking을 위한 시간을 5ms로 가정할 경우,
  - AR Application : 30 ~ 35ms 이내
  - VR Application : 50 ~ 55ms 이내
- (구현을 위한 여유분을 고려하면, 알고리즘 지연은 더 낮아야 함)

MPEG 119차 회의에서는 “MPEG-I Audio Architecture and Evaluation Procedures for 6DoF”문서를 발행(W17038)하였다. 해당 문서에서는 MPEG-I Audio 구조를 아래의 그림과 같이 MPEG-H 3D Audio를 기반으로 하며 오디오 객체에 대한 메타데이터(예: 지향성) 코딩 및 해당 객체의 렌더링을 추가하는 형태이다.



(그림 6-12) MPEG-I audio Structure

또한, 해당 문서에서는 6Dof 오디오를 위한 추가 기술, 테스트를 위한 고려 사항, 제안 기술 평가를 위한 전제 조건, 인터랙티브 테스트 환경 및 플랫폼, 주관적 평가 방법 및 추가적이 이슈 등이 논의 되었으며, 아래의 사항을 다음 단계의 할 일로 계획하고 있다.

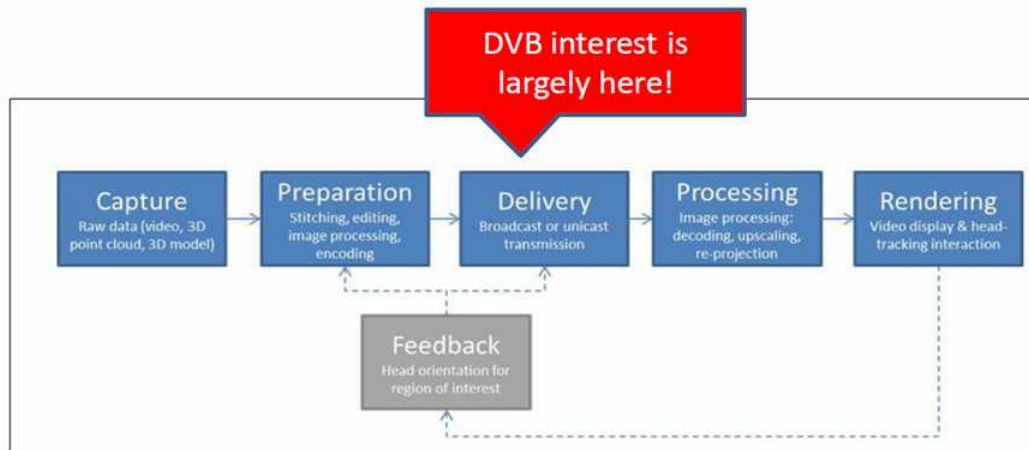
- Determine appropriate original content
- Determine format for original content
- Define reference renderer
- Define figure of merit for VR evaluation
- Specify details of (real-time) evaluation platform

## 6.2 DVB 표준화 동향 및 전망

### 6.2.1 표준화 개요

DVB(Digital Video Broadcasting)는 시청자가 화면 내 시점을 자유롭게 선택할 수 있고 주시뷰(RoI : Region of Interest)기반 고화질 공간해상도를 제공함과 동시에 최대 6DoF(Degrees of Freedom) 움직임 자유도를 제공하여 몰입감 및 사실감을 극대화 할 수 있는 VR 몰입형 미디어 방송기술 표준화 계획을 제시하고 있다. 이를 위하여 DVB는 2015년 10월부터 방송에서의 VR 미디어 적용 및 하이브리드 망기반의 전송기술에 대한 표준화를 위하여 CM(Commercial Module) 산하에 VR(Virtual Reality) 그룹(이하 DVB-CM-VR-SMG((DVB Commercial Module VR Study Mission Group))을 새롭게 신설하였다.

DVB-CM-VR-SMG는 VR 방송서비스에 대한 시장 상황, 관련 기술 및 고려사항 등 전반적인 내용을 정리한 Study 보고서를 발간함과 동시에 현재는 6DoF기반의 VR미디어 서비스에 대한 연구를 진행 중에 있다. 이와 더불어 DVB는 상기 스터디(Study) 보고서를 토대로 3DoF기반의 VR 방송기술 표준화를 위하여 2016년 6월 CM-VR-(official) 그룹을 발족, 관련 서비스 시나리오 및 요구사항을 정리 중에 있으며 MPEG과 공조하여 표준화를 진행 중에 있다 (그림 6-13)은 전체적인 가상현실 미디어 서비스의 사슬관계 내에서 DVB가 표준화에 관심을 갖는 분야를 표시한 것이다.



(그림 6-13) DVB VR Media Service Chain

### 6.2.2 표준화 진행 현황

#### 6.2.2.1 CM-VR-SMG

2015년 10월 DVB는 VR 미디어 전송 기술과 관련한 표준화 추진을 위해 DVB-CM-VR-SMG 그룹을 발족하였다. DVB-CM-VR-SMG는 VR이 미디어 세계의 판도를 뒤바꿀 수 있는 뉴미디어 수단이 될지에 대한 해답을 찾고, VR미디어를 방송서비스에 성공적으로 접목하기 위하여 상업적 요구사항(CR: Commercial Requirement)을 정의

하는 CM 조직 산하에 설립되었다. 또한 2016년 5월 MPEG과 Joint Workshop을 스위스 제네바에서 개최하였고 향후 DVB에서 정리된 상업적 요구사항이 MPEG 표준화에 적극 반영될 수 있도록 MPEG-I Architecture AhG(Ad hoc Group) 그룹과 공조하기로 결정하였다.

DVB-CM-VR-SMG는 VR미디어의 상업적 성공여부를 판단하기 위해 아래의 세가지 Key 질문을 제시하였으며, 이에 대한 해답을 찾기 위해 2016년 11월 가상현실(VR) 방송서비스에 대한 시장 상황, VR 체감 품질 관련 기술적 요소, 신체적/심리적 고려사항, 콘텐츠 제작 방법, 이슈사항, 관련 기술 및 요구사항 등을 정리한 'Virtual Reality Prospects for DVB Delivery' 보고서를 발간하였으며 이를 정리한 'DVB VR Study Mission Report'를 발간하였다.

- 경제적이고 실용적인 VR영상의 획득, 전송 및 디스플레이 기술 개발 가능성
- VR 멀미를 포함하여 신체적/감각적 불편함을 제거한 VR 서비스 시스템 개발 가능성
- 소비자가 기꺼이 지갑을 열만한 콘텐츠 형식의 개발 가능성

또한 2017년 1월 CM-VR-SMG는 Type A와 Type B로 나뉜 타임라인을 기반으로 표준화 추진에 대한 계획을 발표하였다. Type A란(Untethered) 컴퓨터 연결 없이 스마트폰을 활용하여 VR미디어를 제공하는 독립형 서비스 방식으로 삼성의 GearVR, 구글 카드보드(Cardboard) 등이 이에 속하는 반면, Type B(Tethered)는 외부 컴퓨터와의 연결을 통하여 처리 능력을 지원 받는 비독립형 서비스 방식으로 HTC 바이브(VIVE), 오쿨러스 리프트(Oculus rift)가 그 예이다. 현재 DVB-CM-VR-SMG그룹은 6DoF지원 VR 미디어 서비스에 대한 스터디 미션을 지속적으로 수행하기 위하여 2018년 1Q에 VR-IF(Industrial Forum)와 공동으로 6DoF지원 VR관련 표준화 동향 및 산업 이슈 관련하여 워크샵을 추진할 예정이다.

#### 6.2.2.2 CM-VR-(official group)

상기 'DVB VR study mission report' 발간의 후속 조치로서 3DoF 지원 VR 방송서비스를 제공하기 위한 상업적 요구사항을 정의하기 위하여 '17년 6월 DVB CM에서 승인된 CM-VR 그룹을 운영 중이며, 6DoF 지원 VR 미디어 서비스에 대한 study 미션을 지속적으로 수행하기 위하여 CM-VR-SMG가 지속적으로 활동 중에 있다.

<표 6-4>는 '17년 6월 정의된 CM-VR ToR(Terms of Reference)를 나타내며 이를 토대로 관련 서비스 시나리오 및 요구사항에 대하여 논의 중에 있다.

<표 6-4> CM-VR ToR(Term of Reference)

##### • Scope

- √ DVB 기반 VR 미디어 전송을 위한 CR 개발
  - 기존 TV 디스플레이 나 연결된 VR 헤드셋 또는 새로운 "패닝(panning)"디스플레이 기술이 소비 장치가 될 것으로 예상되는 TV, STB 와 같은 DVB IRD 를 대상

- 스마트 폰, 태블릿, 게임 콘솔, PC 와 같은 차세대 IP 연결 장치를 목표
- VR 콘텐츠를 전달하기 위해 DVB 광대역 및 브로드 캐스트 네트워크 활용
- 사용 가능한 기술 및 실제 배포 시나리오를 고려한 "파노라마 / 3DOF 플러스"까지 시청각 경험 제공
- 적절한 용량의 채널 내에서 브로드밴드 또는 브로드 캐스트를 통해 VR 콘텐츠를 제공 할 수 있는 옵션을 사용 가능

• **Deliverable and timeline**

- √ CM-VR의 주요 목표는 2018 년 1 월에 DVB 상업 모듈 및 운영위원회의 승인을 받기 위해 상업적 요구 사항을 2017 년 12 월까지 제공
- √ DVB는 다른 VR 표준화 기구, 특히 MPEG, VR Industry Forum 및 3GPP에서 수행중인 작업을 고려하여 상업적 요구사항을 정의

[출처 : DVB CM-VR0052-ToR-SOW-CM-VR10]

### 6.2.3 VR 미디어 분류 및 QoE(Quality of Experience)

DVB는 몰입형 미디어를 사용자의 움직임 자유도 및 미디어 특성에 따라 <표 6-5>와 같이 크게 3가지 미디어 타입으로 분류하고 있다.

<표 6-5> VR 미디어 분류

VR Media Types	Visual Immersion	특징
3D free viewpoint	Head Motion Parallax	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 머리의 이동에 따른 시점 이동 가능</li> <li>· 자유롭게 걸으며 시청 불가능</li> <li>· LF 카메라, 움직임 제한이 적은 스테레오 카메라로 획득</li> </ul>
	Free User Navigation	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 모든 거리, 방향으로 자유롭게 움직이며 시청 가능</li> <li>· 3차원 입체 재구성, 모델링</li> <li>· LF 카메라 획득, 또는 3D 모델링 SW로 제작</li> </ul>
3D fixed viewpoint	Spherical	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 수평/수직 방향의 모든 각도의 장면 시청 가능</li> <li>· 머리 이동에 따른 시점 이동 불가능</li> <li>· 수평 방향 움직임 시 시차 불일치에 따른 불편함 존재</li> <li>· 전방향 카메라 (수직/수평 방향 렌즈 배열) 획득</li> </ul>
	360-panoramic	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 카메라 위/아래 부분 사각지역 존재</li> <li>· 머리 이동에 따른 시점 이동 불가능</li> <li>· 전방향 스테레오 카메라 (수평방향 렌즈 배열)로 획득</li> </ul>
	<180	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 주시(gazing) 방향의 시점에만 최적화됨</li> </ul>



		<ul style="list-style-type: none"> <li>· 머리 위치에 따른 시점 이동 불가능</li> <li>· 광각의 스테레오 카메라로 획득</li> </ul>
2D fixed viewpoint	360-panoramic	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 카메라 위/아래 부분 사각지역 존재</li> <li>· 머리 위치에 따른 시점 이동 불가능</li> <li>· 전방향 카메라 (수평방향 렌즈 배열)로 획득</li> </ul>

#### 6.2.4 VR 미디어 서비스 시나리오

<표 6-6>은 VR 미디어를 통하여 방송서비스 측면에서 새롭게 적용될 수 있는 다양한 서비스 시나리오를 나타낸다.

<표 6-6> VR 미디어 서비스 시나리오

Use case	Details	Consumption Mode	Why VR?
Bonus for 2D Movies	<ul style="list-style-type: none"> <li>· View from the actor</li> <li>· Selected 2D scenes filmed in VR</li> <li>· Promotions</li> </ul>	Add-on with movie purchase/rental Promotion(YouTube trailer,e.g.)	HMD provide an immersive experience
Documentary	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 360 filming of scene: nature, war zones, etc.</li> </ul>	Free, SVoD, or EST service	360 filming is proven more engaging for dramatic events
Concerts	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 360 filming with VR audio</li> </ul>	Free, SVoD, or EST service	VR audio will bring a new dimension
News	<ul style="list-style-type: none"> <li>· News live or post</li> </ul>	Addition to the TV broadcast, via the internet	360 filming is proven more engaging for dramatic events
TV Shows	<ul style="list-style-type: none"> <li>· VR 360 view</li> </ul>	Addition to the TV broadcast, via the internet	Mobile consumption or optionally with HMD
Short-Form Movies	<ul style="list-style-type: none"> <li>· New genre to be invented</li> </ul>	Free or pay service, via the internet	Similar to mobile video production
Live Sports	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Soccer, football, tennis already tried</li> </ul>	Addition to the TV broadcast, via the internet;unicast delivery mostly, broadcast also possible (LTE application)	Personalized view(multicam in unicast); interactive app and navigation is key; immersive audio will be key differentiator vs. broadcast
Sports Highlights	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Post produced from live capture</li> </ul>	Bonus package delivered over the internet	Game highlights; watch action from different angle

## 6.2.5 잠정 VR 비디오 전송 및 시스템

### 6.2.5.1 VR 비디오 생성

(그림 6-14)는 상위개념에서의 기본적인 VR 비디오 생성 과정을 나타내며 각 과정의 특징은 <표 6-7>과 같다.



(그림 6-14) VR 비디오 생성 과정

<표 6-7> VR 비디오 생성 과정 특징

구분			내용
Capture	C a m e r a orientation	concave view	한 대의 카메라에서 여러 방향으로 촬영 하는 다중 렌즈 카메라
		convex view	여러 카메라 시스템이 동일 장면에 대하여 촬영
	Panorama view		180도 시스템에서 FoV 비율은 1/3에 가깝고 360도 시스템보다 높은 해상도 제공
	3D relief		비디오를 캡처 할 때 어떤 장치에서나 재생할 수있는 2D 또는 HMD에서만 재생할 수있는 3D 비디오
Stitching	실시간으로 4 ~ 6 개의 HD 스트림을 최대 2160p60의 8 비트 해상도로 하나의 비디오 스트림으로 스티칭 가능		
Mapping	고전적인 접근법으로 비디오를 등변 삼각형 투영법 등으로 매핑		

### 6.2.5.2 VR 비디오 인코딩

VR 비디오는 <표 6-8>과 같이 몇 가지의 방법으로 부호화될 수 있다.

<표 6-8> VR 비디오 인코딩

구분	내용
Equirectangular(ERP) legacy	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 종래의 인코더를 통하여 프로젝션 된 VR 비디오 부호화</li> <li>- 종래 방송시스템을 그대로 이용가능하며, 사용자 움직임 에 따른 RoI(Regeion of Interest) 영역을 추출하여 HMD 에 디스플레이</li> <li>- Legacy equirectangular system</li> </ul>

Equirectangular(ERP) tiles	<p>-프로젝션된 VR 비디오에 대하여 임의의 영역 크기로 분할</p> <p>-분할된 영역(Tile)에 대하여 독립적으로 인코딩 수행</p> <p>-수신기에서는 사용자 움직임에 해당하는 영역을 서버에 요청 및 수신/재생</p> <p>-RoI 영역에 대하여 높은 화질을 제공할 수 있으나 MTP(Motion to Photon) 지연 발생</p>
On - demand transcoding	<p>- 사용자 움직임에 해당하는 RoI 영역만을 송출</p> <p>- 부호화 스트림 내 RoI 영역만을 추출 재 부호화 하여 HMD에 송출</p> <p>- HMD에서 지원하는 full 해상도의 화질을 제공할 수 있으나 시스템이 복잡하고 MTP 지연 발생</p>
Polygon mapping	<p>- Equirectangular와 다른 프로젝션 방안 적용</p> <p>- Cube 프로젝션은 Equirectangular 대비 약 25% 파일 사이즈 감소</p> <p>- 피라미드 프로젝션은 Equirectangular 대비 약 80% 파일 사이즈 감소</p> <p>- 부호화 스트림 내 ROI 영역만을 추출 재 부호화하여 HMD에 송출(상기 On-demand transcoding과 유사)</p>

- Equirectangular(ERP) : 기본적인 VR비디오 프로젝션 포맷기반의 서비스
- Equirectangular tiled : 임의크기의 Tile로 분류, 사용자 ROI에 따른 해당 Tile을 전송하는 서비스
- On-demand transcoding : 사용자 viewport를 기반으로 VR 비디오 내 ROI 영역을 추출하고 이를 요청한 디바이스의 해상도로 인코딩하여 전송하는 서비스
- Polygon mapping : 상기 ERP 대비 저장 및 압축 효율성을 고려한 Cube 또는 Pyramid 포맷 기반의 서비스

### 6.2.5.3 VR 미디어 전송

VR 미디어는 방송망 또는 통신망을 통하여 전송될 수 있으며 전송 메카니즘 및 VR미디어 구성에 따라 <표 6-9>와 같이 분류한다.

<표 6-9> VR 미디어 전송 형태

Techniques	Equirectangular		Equirectangular tiled	On-demand transcoding	Polygon mapping
전송방식	Broadcast	Unicast	Unicast	Unicast	Unicast
전송규격	TS	DASH/ ISOBMFF	DASH/ ISOBMFF	DASH/ ISOBMFF	DASH/ ISOBMFF
디바이스	STB/ TV	Any IP device	Any IP device	Any IP device	Any IP device

### 6.2.6 VR 오디오

#### 6.2.6.1 Degree of audio Immersion

DVB CM에서는 VR 오디오의 기본적인 요구사항으로, 머리 움직임에 따라 오디오도 함께 이동하여, 오디오 신호가 공간 상에서 고정되어 있도록 해야 한다는 것이다. 이에 근거한 다양한 서비스에 따른 오디오 시스템의 구축 방법에 대해 아래와 같이 기술하고 있다.

#### ■ Fixed position 360 2D panorama:

최소 360도 서라운드 사운드가 필요하며, 이를 위해 가상의 스피커가 수평면 상에 위치한다. 사운드는 수평면 상의 어느 위치에나 존재할 수 있는데, 가상 mono, 스테레오, 5.1 또는 7.1채널 서라운드 시스템과 유사하다고 볼 수 있다.

#### ■ Fixed position 180 3D VR (forward view only):

최소 360도 서라운드 사운드가 필요하며, 이를 위해 가상의 스피커가 수평면 상에 위치한다. 사운드는 수평면 상의 어느 위치에나 존재할 수 있는데, 가상 5.1 또는 7.1채널 서라운드 시스템과 유사하다고 볼 수 있다.

■ Fixed position 3D panorama / spherical:

최소 360도 서라운드 사운드가 필요하며, 구형 사운드(Spherical Sound)의 재현을 위해서는 장면 기반 오디오(Scene-based audio)또는 객체 기반 오디오가 필요하다.

■ Moveable position 3D VR:

자유로운 머리 움직임을 포함하는 콘텐츠에 해당하는 것으로, 3차원으로 매핑된 사운드와 객체기반 오디오가 요구된다.

### 6.2.6.2 VR audio 기술 분석

CM VR의 Audio Subgroup에서는 VR 오디오를 위한 기술 분석을 진행하였으며, ‘audio and Virtual Reality’라는 문서를 2016년에 작성하였다. 해당 문서에는 VR에 활용될 수 있는 오디오 기술에 대해 분석을 하였으며, 주요 내용은 아래와 같다.

■ Use cases and Experiences for VR Audio

오디오 입장에서 두 가지 use case에 대해 정의를 하였는데, ‘The infinite Seat’와 ‘Cinematic VR’이다. The infinite Seat는 3차원 공간상의 어디에서도 청취자가 위치할 수 있고, 머리의 움직임도 허락이 되는 상황을 의미하는데, 6DoF와 유사한 개념으로 볼 수 있다. Cinematic VR의 경우 사람이 움직이지는 못하는 상황에서 콘텐츠를 청취하는 환경으로 3DoF와 유사하다고 볼 수 있다.

■ Background on science and technology

VR 오디오와 관련된 다양한 기술에 대해서 조사가 이루어졌는데, 실감 오디오를 위한 3차원 공간상에 존재하는 오디오의 개념, 소리의 반사, 머리 전달 함수, 헤드폰 환경에서의 오디오 렌더링, 머리 움직임에 따른 오디오 처리 등에 대한 내용을 간단하게 포함한다. 그리고, 기존의 채널 오디오와는 다른 형태인 객체 기반 오디오, 장면 기반 오디오의 개념에 대해 소개하고 있으며, MPEG-H 3D audio, AC-4, DTS VR에 대해서도 간단하게 소개한다.

■ Impacting Factors of Audio Quality in VR

VR 오디오의 quality 측면에서 아직 결론을 낼 수 있는 수준은 아니지만, quality에 영향을 주는 주요 요소들에 대해 기술하고 있다. ‘audio Playback System’, ‘Quality of HRTF model’, ‘Head Tracking and Motion-to-sound Latency’, ‘Spatial Resolution’, ‘Degrees of audio immersion’ 등을 주요 요소로 기술하고 있다.

■ Existing products and trials

VR 오디오와 관련하여 현재 존재하는 제품들과 다양한 시험에 대해 조사한 결과를 나타내고 있는데, 아래의 <표 6-10>은 VR 오디오 관련 기술 및 제품을 나타낸 것이다.

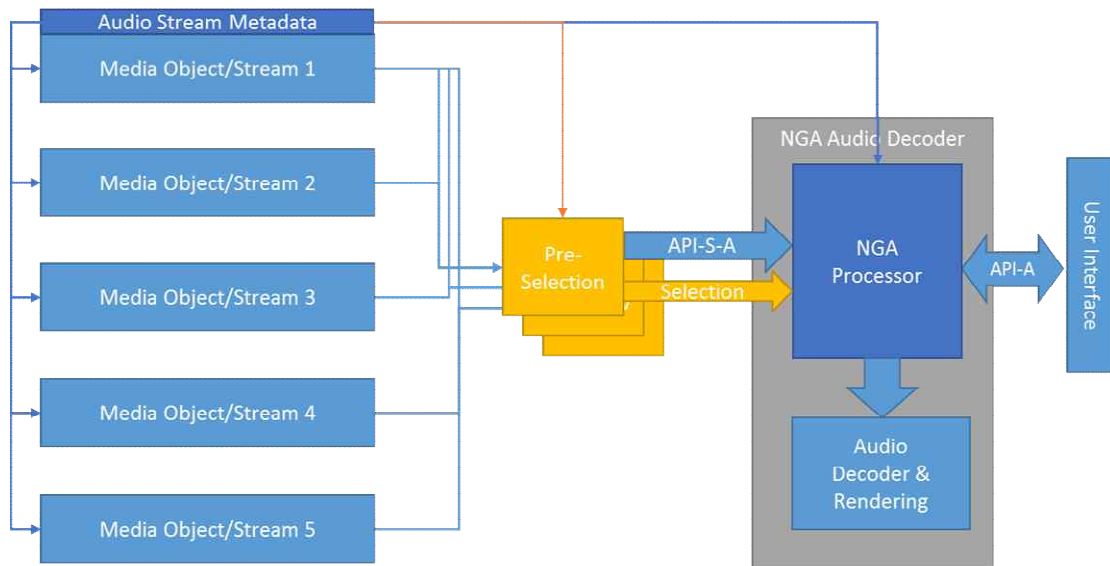
&lt;표 6-10&gt; VR 관련 오디오 기술

VR Audio technology/company	Compatible Platform	Spatial audio technology	Links
Unity 3D audio spatializer SDK and plugins	Oculus Rift, Gear VR, PS4, HoloLens	Object	unity
Google spatial audio	Google Cardboard, YouTube 360	Object, Scene-based	google
Fraunhofer Cingo	LG 360, Gear VR, Google Cardboard, Oculus Rift, Unity	Object, Channel, Scene-based	cingo
Samsung VR player	Gear VR	Fraunhofer Cingo	gearVR
Playstation VR	PS4	Object, Channel, Scene-based, Hardware binaural (HRTF) processing	PlaystationVR
Oculus audio SDK	Oculus Rift	Object, Channel, Scene-based	OculusAudio
Next VR	Next VR	Binaural Array	NextVR
Two big ears - 3Dception plugin	Unity, Unreal Engine	Object, Scene-based	3Dception
Visisonics - Realspace 3D audio plugin	Unity, Unreal Engine	Object, Channel, Scene-based	Realspace3D
HoloLens	Microsoft	Microsoft Spatial Sound, HRTF	
HTC Vive	Steam VR	Object, Scene-based, Channels	
LG 360 VR	LG 360	Fraunhofer Cingo	LGVR
Jaunt VR	Various cell phones	Object (Dolby Atmos)	JauntVR
Ossic VR	Unity, Ossic VR	Object, Channels, Scene-based	OSSIC VR
Rapture3D	Unity, Native C/C++	Game audio engine for HOA processing	Rature3D for VR

#### ■ VR Audio Delivery and Interoperability Aspects

VR 오디오의 전송은 DVB의 NGA(Next Generation Audio)에서 정의된 메커니즘을 활용할 것으로 예상하고 있다. 아래의 (그림 6-15)는 NGA의 전송 모델을 나타낸 것이다.





(그림 6-15) Next Generation Audio Delivery model

#### ■ Conclusions and Recommendations for DVB

CM VR의 audio subgroup에서는 관련 오디오 기술의 분석을 통한 결론과 이를 통한 권고 사항을 아래와 같이 기술하고 있다.

<표 6-11> 오디오 기술 분석 결론 요약

- VR 관련 많은 오디오 기술이 존재하지만, 아직은 검토 단계임
- VR 오디오 관련 표준화는 초기 단계이며, 여러 기술이 고려되고 있음
- VR 오디오의 품질에 대한 완벽한 이해가 되지 않은 상태이며, 아직 품질 측정과 관련된 구체적인 움직임은 없는 상태임
- 객체기반 오디오와 장면기반 오디오는 VR 오디오를 위한 중요한 요소이며, NGA 시스템에 이러한 부분이 이미 존재하고 있음
- VR 오디오의 비트율 등과 같은 전송과 관련된 요소들은 기존의 방송과 유사

<표 6-12> 오디오 권고사항 요약

- DVB는 VR 오디오 규격을 제정함에 있어, DVB 정규 프로세스를 적용해야 함. 여기에는 상업적으로 사용되는 사례, 일반적인 DVB 생태계의 범위에 있는 명확한 범위 정의 및 사용 가능 서비스가 포함되어야 함
- VR 애플리케이션을 포함하는 DVB 권장 사항은 오디오 렌더링에 있어 머리 추적과 diegetic, non-diegetic 오디오를 구분하여 처리할 수 있는 메타 데이터를 고려하여야 함
- 오디오 코딩 형식의 경우, DVB는 Ambisonics 채널 순서를 설명하는 메타 데이터의 표준화를 검토하여 산업 간 조화를 권장하는 것이 좋을 것임
- DVB는 비실시간 콘텐츠 전송 시나리오와 DASH 기반 전송과 같은 브로드 캐스트 전송 시나리오와 같은 다양한 전송 시나리오를 다루어야 함

- DVB는 MPEG, 3GPP와 같은 다른 조직과 협력하여 규격을 제정하는 것이 적절함

### 6.2.7 VR 미디어 서비스 주요 이슈

DVB는 VR 미디어를 성공적으로 방송서비스에 접목시키기 위해 DVB가 수행해야 할 역할을 지속적으로 논의 중에 있으며, VR 미디어 생성 및 소비까지의 연결 관계를 토대로 DVB는 VR 미디어 서비스를 크게 2단계로 분류하고 표준화를 진행하고 있다.

<표 6-13> VR 미디어 서비스 접근 및 표준화 주요 일정

구분	TypeA(Untethered)	TypeB(Tethered)
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 3DoF</li> <li>· Container + smart phone</li> <li>· Low cost + convenience</li> <li>· Potential 4G broadband delivery</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 6DoF</li> <li>· PC or games machine</li> <li>· High cost + less convenience</li> <li>· Future 5G delivery</li> </ul>
주요 일정	<ul style="list-style-type: none"> <li>· '17년 6월 : Defines work scope</li> <li>· '17년 12월 : Prepares CR</li> <li>· '18년 1월 : Steering Board approve</li> <li>· '18년 5월 : Develops specifications</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· '17년 12월 : Study</li> <li>· '18년 : Prepares CR</li> </ul> <p>* 현재 Study단계로서 주요 일정에 대해서는 타 표준화 기구 표준화 진행현황 및 산업체 요구사항에 따라 변경될 예정</p>

또한 VR 미디어 서비스의 성공적인 서비스를 위하여 주요 이슈 사항을 다음과 주요 고려사항을 다음과 같이 제시하고 있다.

- 다양한 환경 또는 디바이스에서 VR 미디어 소비가 가능해야 함
- VR 영상은 8K 이상의 고화질을 제공해야 함
- VR 멀미 감소를 위해 프레임 율은 최소 90fps, 최대 120fps 제공해야 함
- VR 미디어 저장, 편집 그리고 배포를 위한 공통된 표준 파일 포맷을 제공해야 함
- 이미 개발된 또는 개발 중인 다양한 VR 서비스 플랫폼을 활용해야 함

#### 6.2.7.2 TypeA 주요 고려사항

DVB는 3DoF지원 사용자 움직임 자유도 및 시장에 출시된 다양한 HMD 및 스마트폰이 중심이 되는 TypeA에 대한 서비스 시나리오 및 요구사항을 중심으로 표준화를 진행 중에 있으며 Type A 서비스를 위한 주요 고려사항은 다음과 같다.

&lt;표 6-14&gt; Type A 서비스를 위한 주요 고려사항

구분	주요 내용
Frame rates	Maybe 50-90Hz to avoid blurring, flickering
Delivery bit rates	May be 10-12Mbit/s
Horizontal FoV	Maybe at least 100 degrees
Resolution	10-15 sub pixels per degree
Degree of visual immersion	Fixed forward view, 360-panoramic video, spherical video
Degree of audio immersion	360 surround sound, fixed position 3D/spherical etc
Head tracking latency	<20ms

### 6.2.8 DVB 표준화 동향 및 전망

CM-VR-(official group)은 Type A 표준과 관련한 서비스 시나리오 및 요구사항 정의를 2017년 12월까지 마무리 한 후, 18년 1월까지 Steering Board(SB)의 승인을 받을 예정이다. 이에 따라 본격적인 기술적 표준화 작업은 2018년 상반기를 목표로 추진될 것으로 예상된다. Type B 표준의 경우 관련 요구사항의 정의를 올해 12월까지 완료할 계획이었으나 CM-VR-SMG에서 관련 스터디를 지속적으로 진행할 예정이며 추후 MPEG 등 타 기구의 표준화 진행사항 및 산업체의 요구사항에 따라 진행될 것으로 전망된다.

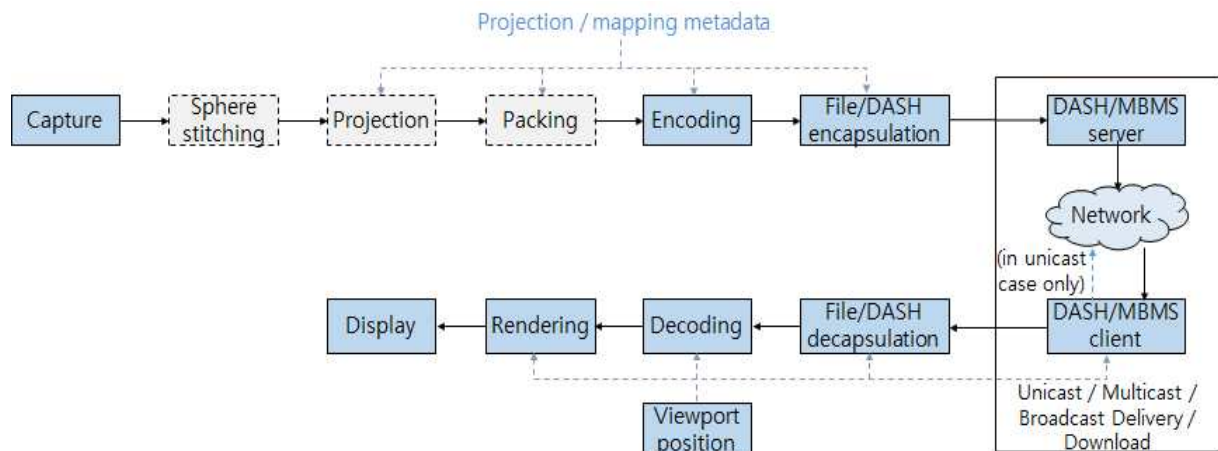
### 6.3 3GPP 표준화 동향 및 전망

#### 6.3.1 개요

3GPP 역시 3GPP 이동통신 규격 하에서의 VR 미디어 서비스를 위한 표준화 작업을 진행 중에 있다. ‘3-DoF 360VR over LTE’라는 주제로, VR을 중심으로 한 몰입형 비디오 및 오디오 기술에 대한 기술보고서 작성을 시작하였다. 해당 기술 보고서는 2016년 4월에 작성이 시작되어 VR 기술에 대한 study 및 VR 미디어 서비스와 3GPP 이동통신 규격 간 상호 운용 가능성이 주로 검토되었고, 2017년 6월 기준으로 버전 1.2의 작성(“3GPP TR 26.918, Virtual Reality (VR) media services over 3GPP”)을 마친 상태이다. 현재 기술 보고서에는 VR 비디오 및 오디오 시스템의 구조, 3GPP 이동통신 규격 기반의 VR 서비스 형태의 실시 예, 몰입형 미디어 품질 평가를 위한 방법론 등이 포함되어있다.

#### 6.3.2 요소기술

3GPP에서 논의 중인 VR 비디오 시스템의 processing chain은 (그림 6-16)과 같다. 해당 구조를 기반으로, 핵심 기능 블록에 대한 기술적 분석 및 적용 가능한 요소 기술들에 대한 분석이 이루어졌다.



(그림 6-16) VR 비디오 시스템 processing chain

영상의 획득 및 스티칭 관련 기술로는 아래와 같은 세 가지 기술이 검토되었다. 아래 기술 별 장단점 분석을 통해 구성할 시스템의 특성에 맞는 요소기술 적용 방안을 검토하였다.

- 거울기반의 직접 스티칭 시스템: 거울을 이용하여 다수의 카메라의 focal point를 일치시킨 시스템으로, parallax가 없어 스티칭이 간단하여 실시간 처리에 용이하지만 충격에 취약하며 초기 calibration이 번거로움
- 깊이 인지(depth-aware) 스티칭 시스템: 깊이 정보를 획득할 수 있는 카메라 리그를 구성하는 방식으로, 시스템이 비교적 단순하고 강인하며 초기 calibration이 쉽다는 장점이 있지만, 실시간 처리가 어렵고 영상간 오버랩이 발생하여 해상도가 저하됨

- 라이트 필드(light field) 렌더링 시스템: 공간 정보를 이용하여 임의의 가상 시점을 생성할 수 있는 라이트 필드 렌더링 기반의 시스템으로, parallax가 없고 공간 내에서 자유롭게 시점을 이동할 수 있지만 복잡도가 매우 높고 오류가 쉽게 일어날 수 있음

또한 다양한 투사(projection) 방식이 논의되었는데, 대표적으로 Equirectangular 방식과 cube map 방식에 따른 코딩 효율과 샘플링 왜곡(sampling distortion) 등이 논의 되었다. VR 미디어의 전송 방식에 있어서는 <표 6-15>와 같은 세 가지 방식이 비교 검토 되었다.

<표 6-15> VR 미디어 전송 방식의 비교

Single stream 전송 방식	사용자에 대한 개별 단일 스트림으로 전체영상 또는 뷰포트(viewport) 영상을 전송하는 방식으로, 사용자가 별도의 처리를 할 필요가 없다는 장점이 있지만 네트워크 resource가 많이 소모됨
Multi-stream 전송 방식	뷰포트에 따라 영상의 품질이 다른 여러 개의 전체 영상을 다중 스트림으로 전송하는 방식으로, 사용자가 통신 상황에 따라 영상 품질을 선택할 수 있으나 서버의 storage 및 encoding 오버헤드가 큼
Tiled stream 전송 방식	개별적으로 encoding된 tile 단위의 부분 영상을 다중 스트림으로 전송하는 방식으로, 사용자는 뷰포트와 통신 상황에 따라 개별 tile을 선택하여 decoding 함으로써 영상 품질을 최적화 할 수 있음

### 6.3.3 상호 운용성 검토

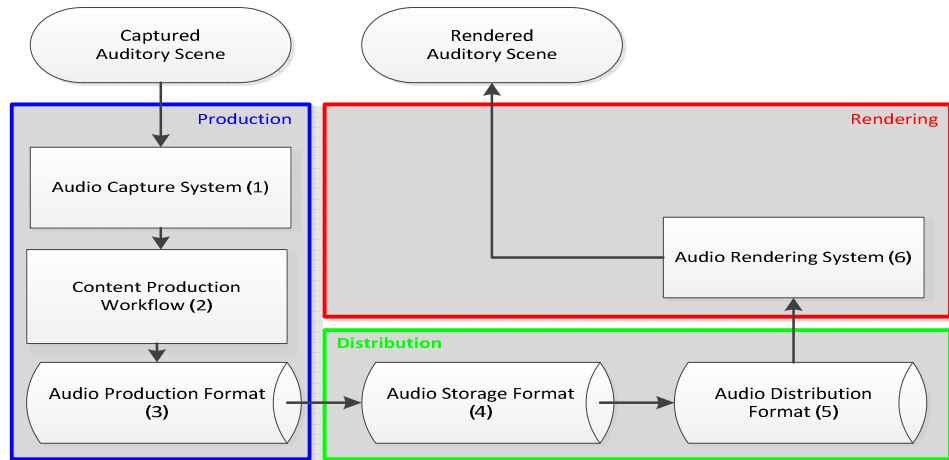
3GPP 규격 하에서의 VR 미디어 서비스 상호 운용 가능성을 검토하기 위해 use case를 수집 및 분석하고 지연시간 관련 요구사항을 논의하였다. Use case의 경우, 사용자의 위치가 고정된 단일 관찰점의 경우에 대해 주로 논의되었으며 다음과 같은 다양한 서비스 방식이 논의되었다.

- Unicast DASH 기반 실시간 스트리밍 VR 미디어 서비스
- MBMS(Multimedia Broadcast Multicast Services) 기반 VR 미디어 생중계 서비스
- Social VR, 원거리 학습과 같은 3GPP 이동통신 망에서의 양방향 개인형 VR 서비스

사용자 움직임에 대한 지연시간 관련 요구사항의 경우, 최근 미디어의 프레임율이 약 60~90FPS임을 고려할 때 최대 지연시간을 약 10ms로 목표하는 것이 타당하다고 논의 하였으며, 사용자 움직임을 감지하고 이에 따른 영상처리가 모두 포함되려면 어려움이 있다는 점도 언급하였다.

### 6.3.4 오디오 시스템

3GPP에서는 VR 오디오 시스템을 아래와 (그림 6-17)과 같이 정의하고, VR 오디오를 위한 획득 시스템, 콘텐츠 제작 워크 플로우(work flow), 렌더링 시스템에 대해 기술하고 있다.



(그림 6-17) VR 오디오 시스템의 구성

#### 6.3.4.1 오디오 획득 시스템

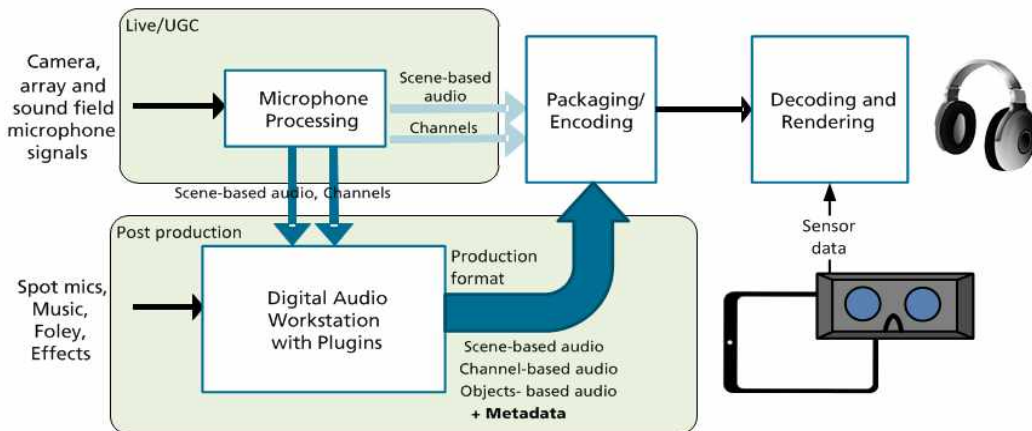
장면 기반 오디오를 위한 오디오 획득 시스템, 채널 기반 오디오를 위한 오디오 획득 시스템, 객체 기반 오디오를 위한 오디오 획득 시스템에 대해 소개를 하고 있는데, 최근에 이슈가 되고 있는 장면 기반 오디오를 위한 획득 시스템에 대해 아래와 같은 고려사항을 제시하고 있다.

- Signal to Noise ratio (SNR) : 오디오 장면에 포함되지 않은 잡음 소스는 사실감과 몰입감을 방해함에 따라 오디오 캡처 시스템은 녹음 된 내용으로 적절히 가려지며 재생 중에는 인식 할 수 없도록 충분히 낮은 잡음 플로어를 가져야함
- Acoustic Overload Point (AOP) : 오디오 캡처 시스템의 비선형 동작은 사실감을 방해함에 따라 오디오 장면의 유형 및 관심있는 유스 케이스에 대한 채도를 피하기 위해 마이크의 음향 과부하 점이 충분히 높아야함
- 마이크 주파수 응답 : 마이크는 일반적으로 오디오 주파수 범위에서 평탄한 주파수 응답을 가져야함
- 윈드(Wind) 노이즈 방지 : 윈드 노이즈는 비선형 오디오 동작을 유발하여 사실감을 방해할 수 있음
- 마이크 요소 간격, 누화, 이득 및 지향성 일치 : 이러한 측면은 궁극적으로 장면 기반 오디오 재생의 공간 정확도를 향상 시키거나 저하시킴
- 대기 시간(Latency) : 양방향 통신이 필요한 경우, 대기 시간은 자연스럽게 대화 할 수 있을 정도로 낮아야함

#### 6.3.4.2 콘텐츠 제작 워크 플로우

장면 기반 오디오, 채널 기반 오디오, 객체 기반 오디오를 위한 콘텐츠 제작 워크 플로우에 대해 소개를 하고 있는데, 최근의 실시간 방송 및 후제작 방송을 위한 기본적인 오디오 제작 워크 플로우를 아래의 (그림 6-18)과 같이 소개하고 있다.





(그림 6-18) VR 오디오 기본 워크 플로우

<표 6-16>은 VR 오디오를 저장할 수 있는 포맷을 나타낸다.

&lt;표 6-16&gt; 오디오 제작 포맷

Signal type	Examples
Channel-based audio Mixes or mic array recordings for a specific loudspeaker layout e.g. Stereo, 5.1, 7.1+4	e.g. Full Mix, Music
Object-based audio Audio elements with positional metadata Rendered to target speaker layout or headphones	e.g. Dialogues, Helicopter
Scene-based audio B-Format (First-order Ambisonics) Higher-Order Ambisonics (HOA)	e.g. Crowd in Sports, Ambience

#### 6.3.4.3 오디오 렌더링 시스템

장면 기반 오디오, 채널 기반 오디오, 객체 기반 오디오의 렌더링 시스템에 대해서 소개를 하고 있으며, 오디오의 포맷에 상관없이 헤드폰 환경에서의 청취를 위한 바이노럴 렌더링이 필요하다고 소개하고 있다.

바이노럴 렌더링 측면에서, 모바일 단말에서는 연산량이 중요한 팩터가 될 수 있으며, 모션과 사운드 간의 지연도 중요한 팩터로 소개하고 있는데, 머리 움직임과 사운드 간의 지연 최대 임계치(threshold)에 대해서는 자료마다 다른 값이 제시되고 있지만, VR 측면에서는 이를 다시 검증해야 할 필요가 있다고 소개하고 있다.

#### 6.3.5 3GPP 표준화 동향 및 전망

3GPP는 VR 서비스 시스템 구조, VR 서비스 실시 예 등의 내용이 포함된 기술보고서의 작성을 완료한 이후 아래의 내용에 대한 표준화를 진행할 것으로 전망된다.

- VR 스트리밍 프로파일(profile) 정의: VR 스트리밍 서비스 관련 유즈케이스를 만족하기 위한 프로토콜(protocol) 정의
- 오디오 품질 평가 기준 정의: 몰입형 오디오 시스템의 객관적 품질평가를 위한 방법 개발
- VR 오디오 코덱 스터디 수행: 기존의 3GPP 오디오 코덱의 적합성을 분석하고 VR 사용자에게 최상의 QoE(Quality of Experience)를 제공하기 위한 오디오 코덱 요구 사항 정의
- QoE Metric 스터디 수행: Metric이란 클라이언트 측의 디바이스 성능, 네트워크 사양 등의 정보를 종합하여 만든 VR의 품질 평가를 위한 객관적 데이터 포맷 정의

## 6.4 IEEE 표준화 동향 및 전망

### 6.4.1 개요

IEEE P3079는 2016년 12월 12일 IEEE-SA의 승인으로 시작된 국제 사실 표준기구로 초기에는 IEEE P3333 (3D Human Factor) WG의 Sub-WG인 IEEE 3333.3으로 제안되었다. 그러나, IEEE 3333과 별개의 WG으로 진행하는 것으로 출범 초기에 승인되어 2017년 9월 28일 IEEE 3079 WG으로 코드명이 바뀌었다.

IEEE 3079 WG의 정식 명칭은 ‘HMD based 3D Content Motion Sickness Reducing Technology’이며, PAR(Project Authorization Request)는 IEEE P3079로 WG의 명칭과 같다.

#### 6.4.1.1 표준화 목표

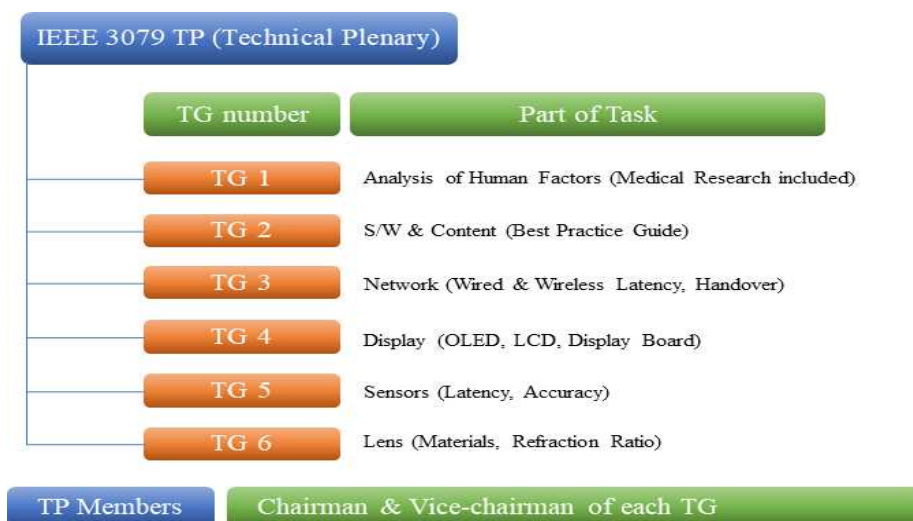
WG의 명칭에서 알 수 있듯이 HMD(Head Mounted Display)를 기반으로 한 가상현실 콘텐츠의 어지러움증을 줄이기 위한 기술을 연구 개발하고 표준화를 진행하는 것을 목표로 하고 있다.

#### 6.4.1.2 표준의 범위

IEEE 3079는 HMD를 사용하여 표현되는 모든 가상현실 콘텐츠의 어지러움증 저감을 위한 기술을 표준의 대상으로 삼고 있으며, 관련 기술에 해당하는 하드웨어와 소프트웨어를 모두 포함한다.

#### 6.4.1.3 기구 조직

IEEE 3079는 6개의 TG(Task Group)과 1개의 TP(Technical Plenary)로 이루어져 있다. 각각의 TG는 기술적으로 전문 분야가 있으며, 각 분야의 기술들이 상호 영향을 주게 되어 있으므로, 궁극적으로는 Human Factor에 있어서 가장 긍정적인 효과를 기대할 수 있는 형태의 기술 표준을 제안할 수 있도록 TP에서 의결하는 형태이다.



(그림 6-19) IEEE 3079 기구 조직도

#### 6.4.2 활동 요약

IEEE 3079는 IEEE 3333.3의 코드명으로 2017년 4월 24일부터 27일까지 우리나라 서울에서 첫 회의를 개최하였다. 이후 7월에는 미국의 뉴욕에서, 10월에는 중국의 북경에서 각각 회의가 개최되었다. 표준 회의는 매년 1월, 4월, 7월, 10월에 개최하는 것을 원칙으로 하고 있다. 우리나라 회원들은 일관된 대응을 위하여 국내에서 수시로 관련 회의를 진행하고 있다. 초기 우리나라의 실감형혼합현실기술포럼을 중심으로 주축이 되어 설립되었기 때문에, 우리나라의 기관들이 가장 활발하게 활동하고 있으며, 특히 고려대학교, 서강대학교, 경기대학교 등 학교 기관들의 활동이 두드러지고 있다. IEEE 3079의 의장은 Oculus의 공동 창업자이기도 한 (주)볼레크리에이티브 서동일 대표가 맡고 있으며, HTC, Panasonic, Toshiba, Sensus Global 등의 산업체가 함께 활동을 하고 있다.

특히, 네트워크 분야에서는 IEEE 802와 Liaison이 체결 되었고, Web 분야는 W3C와 Graphics 분야에서는 Khronos Group, VR 분야는 IEEE 2048 등과 Liaison이 논의 되고 있다.

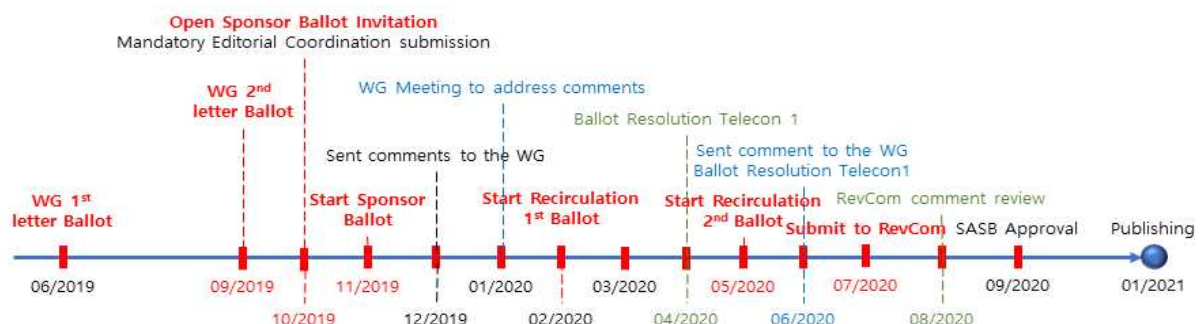
<표 6-17> IEEE 3079 WG 2018년도 회의 일정

일자	장소
1월 29일 ~ 2월 1일	대한민국, TTA
4월 23일 ~ 4월 26일	일본, 도쿄, (Panasonic 논의 중)
7월 16일 ~ 7월 19일	10662 Los Vaqueros Circle, Los Alamitos, California 90720 (IEEE-SA Office), LA, USA
10월 8일 ~ 10월 11일	1 Fusionopolis Walk #04-07 South Tower, Solaris, IEEE-SA Office, Singapore, Singapore

#### 6.4.3 향후 전망

IEEE 3079는 P3079의 표준을 제정하기 위하여 (그림 6-20)과 같이 2021년 1월 제정을 목표로 표준화 추진 일정을 설정하였다.

이러한 일정을 목표로, 우선 IEEE P3079를 위한 용어 정의가 2018년도 상반기에 모두 정리가 될 것으로 보여지며, 2018년도 하반기에는 각 TG별 표준 초안들이 윤곽을 들어 낼 것으로 예상된다.



(그림 6-20) IEEE P3079 표준화 추진 일정

## 7 결론 및 시사점

### 7.1 VR 콘텐츠 획득, 제작, 재현

360VR 영상제작이 활성화되기 위해서는 360도 카메라의 조작성과 화질이 우선적으로 개선되어야 하며, 이를 위해서는 카메라 간의 동기가 내부적으로 구현된 안정된 형태의 일체형 카메라가 출시되어야 한다. 또한, 보다 높은 몰입감을 제공하기 위해서는 양안 입체 영상을 제작이 필요하므로, 몰입감을 높이고 눈의 부작용을 최소화하기 위해서는 스티칭 작업이 필요없는 180도 3DVR 카메라가 현실적인 대안이 될 것으로 예상된다.

360VR 영상은 콘텐츠의 장르, 촬영장소, 스토리 전달 방법 등 다양한 요소에 따라 요구 조건과 제약사항이 달라질 수 있으므로 각각을 만족시키기 위해서는 360도/180도, 입체(3D)/모노(2D) 등 다양한 제작형식이 공존할 것으로 생각된다. 일례로, 드라마 세트를 360도 카메라로 촬영하면 조명과 스텝 등이 노출되어 드라마의 허구성이 드러나는 단점이 있는 반면에, 뉴스나 자연 다큐멘터리, 드라마 현장 스케치 등 사실적 전달이 중시되는 장르에서는 조명 및 스텝이 포함되는 360도 촬영이 오히려 장점으로 작용할 수 있다. 따라서, 다양한 형식의 VR 콘텐츠를 시청 단말에서 자동으로 인식하고 올바르게 재생하기 위해서는 제작, 서비스, 단말에서 관련 메타데이터를 표준화하는 작업 등이 함께 추진되어야 할 것으로 생각된다.

현재 VR 단말은 별도의 콘텐츠 제공 플랫폼을 제공하고 있다. 즉, VR 단말을 사용하기 위해 별도의 앱을 설치해야 하고, 단말은 해당 앱에 종속되어 있다. 이러한 콘텐츠 제공 방식은 단말이 새로 출시될 때 마다 콘텐츠 수용 방식이 파편화 된다는 걸 의미하고 현재 VR 콘텐츠 수가 부족한 상황에서 사용자의 만족감을 저하시켜 VR 산업 전체에 부정적인 영향을 끼치고 있다. VR 산업 활성화를 위해서는 빈약한 콘텐츠 문제를 더욱 심화시키는 콘텐츠 제공 방식의 파편화를 지양하고, 단일 플랫폼으로 콘텐츠를 제공하는 VR 산업계의 전환적인 판단이 필요해 보인다.

### 7.2 몰입형 미디어 표준화

MPEG에서는 몰입형 미디어에 대한 차세대 프로젝트인 MPEG-I 표준화를 비디오, 오디오에서 시스템 요소에 이르기까지 전체 콘텐츠 에코시스템을 대상으로 2017년에 시작하였으며, 그 범위는 이미 업체별로 서비스가 진행 중인 360 비디오에서부터 아직 서비스를 위한 기술 에코시스템이 완성되지 않은 6DoF(Degrees of Freedom) 콘텐츠를 모두 고려 대상으로 한다.

DVB는 시청자가 화면 내 시점을 자유롭게 선택할 수 있고 주시뷰(RoI : Region of Interest)기반 고화질 공간해상도를 제공함과 동시에 최대 6DoF(Degrees of Freedom) 움직임 자유도를 제공하여 몰입감 및 사실감을 극대화 할 수 있는 VR 몰입형 미디어 방

송기술 표준화 계획을 제시하고 있으며, 2015년 10월부터 CM-VR-SMG(Commercial Module VR Study Mission Group)을 신설하여 VR 방송서비스에 대한 시장 상황, 관련 기술 및 고려사항 등 전반적인 내용을 정리한 Study 보고서를 발간함과 동시에 현재는 6DoF기반의 VR미디어 서비스에 대한 연구를 진행 중에 있다.

3GPP는 이동통신 규격 하에서의 VR 미디어 서비스를 위한 표준화 작업을 진행 중에 있으며, '3-DoF 360VR over LTE'라는 주제로, VR을 중심으로 한 몰입형 비디오 및 오디오 기술에 대한 기술보고서 작성을 2016년 4월에 시작하여 2017년 6월 기준으로 버전 1.2의 작성을 마친 상태이다. 현재 기술 보고서에는 VR 비디오 및 오디오 시스템의 구조, 3GPP 이동통신 규격 기반의 VR 서비스 형태의 실시 예, 몰입형 미디어 품질 평가를 위한 방법론 등이 포함되어있다.

IEEE는 HMD(Head Mounted Display)를 기반으로 한 가상현실 콘텐츠의 어지러움증을 줄이기 위한 기술을 연구 개발하고 표준화를 진행하기 위하여 P3079를 신설하여 표준화를 진행 중에 있다. 우선 IEEE P3079를 위한 용어 정의가 2018년도 상반기에 모두 정리가 될 것으로 예상되며, 2018년도 하반기에는 각 분야별 표준 초안들이 윤곽을 들어낼 것으로 예상된다.

몰입형 미디어 표준화는 크게 3DoF의 시청자유도를 지원하는 1단계와 6DoF를 지원하는 2단계로 나누어 진행될 것으로 예상된다. 360비디오와 같은 3DoF 서비스의 경우, 관련 요소기술에 대한 표준이 현재 가용한 상황이며, 압축 효율 개선 및 기능 확장을 위한 요소기술 표준도 1~2년 내에 MPEG을 통해 개발 완료될 것으로 전망된다. 6DoF 서비스를 위한 요소기술은 현재 기술 탐색 단계이며, 오디오의 경우는 1년 내에 MPEG에서 표준 개발을 시작할 수 있을 것으로 전망되나, 비디오 압축의 경우는 가용 콘텐츠 부족 및 압축률 한계 등으로 인해 실질적인 기술 표준화를 시작하는 데는 시간이 더 걸릴 것으로 예상된다.

## 부 록 1-1

(본 부록은 기술보고서를 보충하기 위한 내용으로 기술보고서의 일부는 아님)

### 지식재산권 요약서 정보

해당 사항 없음



## 부 록 1-2

(본 부록은 기술보고서를 보충하기 위한 내용으로 기술보고서의 일부는 아님)

### 시험인증 관련 사항

해당 사항 없음

## 부 록 I-3

(본 부록은 기술보고서를 보충하기 위한 내용으로 기술보고서의 일부는 아님)

### 본 기술보고서의 연계(family) 표준

해당 사항 없음

## 부 록 | -4

(본 부록은 기술보고서를 보충하기 위한 내용으로 기술보고서의 일부는 아님)

## 참고 문헌

## [5.1 VR 콘텐츠 획득 및 제작]

- [1] 김철현, “실사 기반 360 콘텐츠 촬영 장치 비교 연구”, 방송공학회논문지, 2016.9
- [2] 유남경, “썸터VR서울미래유산-100년 후 보물찾기”, 방송과기술, 2017.3
- [3] <https://vr.google.com/vr180/>
- [4] <https://www.nhk.or.jp/bunken/english/reports/summary/201710/01.html>

## [5.2 VR 콘텐츠 재현 및 단말]

- [1] <http://www.samsung.com/global/galaxy/gear-vr/specs/>
- [2] <http://www.samsung.com/global/galaxy/galaxy-note8/specs/>
- [3] <http://www.htc.com/jp/virtual-reality/link/>
- [4] <http://www.lg.com/us/mobile-accessories/lg-LGR100AVRZTS-360-vr>
- [5] <http://www.techradar.com/reviews/gaming/gaming-accessories/razer-osvr-hdk-2-12-77810/review>
- [6] 한국콘텐츠진흥원, “[가상현실\(VR\) 영상 제작 기술 및 사례](#)”, 2017.03
- [7] <https://webvr.info/>
- [8] <https://webvr.rocks/>
- [9] <https://www.w3.org/2016/06/vr-workshop/>

## [5.3 VR 플랫폼 및 서비스]

- [1] 정보처리추진기구, “미국의 가상현실(VR)을 둘러싼 동향,” 2016. 09
- [2] 한국전자통신연구원, “가상현실(VR)의 국내외 적용 동향,” 2017. 02
- [3] 현대경제연구원, “국내외 AR, VR 산업 현황 및 시사점,” 2017. 04. 03

## [6.1 MPEG 표준화 동향 및 전망]

- [1] ISO/IEC JCT1/SC29/WG11/N17267, “Requirements MPEG-I phase 1b”, MPEG 120, Oct. 2017
- [2] ISO/IEC JCT1/SC29/WG11/N17285, “MPEG-I Visual activities on 6DoF and Light Field”, MPEG 120, Oct. 2017
- [3] ISO/IEC JCT1/SC29/WG11/N17197, “Algorithm description of projection format conversion and video quality metrics in 360Lib Version 5”. MPEG 120, Oct. 2017
- [4] ISO/IEC JCT1/SC29/WG11/N17074, “Requirements for a Future Video Coding Standard v5”, MPEG 120, Oct. 2017
- [5] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/N16950, “Study of ISO/IEC DIS 23000-20 Omnidir-

- ectional Media Format””, MPEG 119, July 2017
- [6] Joint Video Exploration Team (JVET) of ITU-T SG 16 WP 3 and ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11, ““360Lib Software Manual””, MPEG 117, Jan. 2017
  - [7] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/N16541, ““New Work Item Proposal on Coded Representation of Immersive Media””, MPEG 117, Jan. 2017
  - [8] ‘Thoughts on MPEG-I and 3D audio’, ISO/IEC JTC 1/SC29/WG 11 MPEG2017/M16753, April 2017
  - [9] “MPEG-I Audio Architecture and Evaluation Procedures for 6DoF”, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 MPEG2017/N17038, July 2017
  - [10] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, “Working Draft 1.0 of TR: Technical Report on Architectures for Immersive Media,” N17060, July 2017.

## [6.2 DVB 표준화 동향 및 전망]

- [1] Report of the DVB CM Study Mission on Virtual Reality(CM1697), Nov. 2016
- [2] Executive Summary DVB Study Mission on Virtual Reality(CM1706), Oct. 2016
- [3] DVB, “Virtual Certain?, A report on DVB and VR,” ITU workshop, Jan. 2017
- [4] Report of DVB-CM-VR-SMG, “Virtual Reality-Prospects over DVB Delivery,” June 2017
- [5] DVB, CM-VR0052, “ToR for the CM-VR group, Delivery of VR contents over DVB services,” June 2017
- [6] DVB, CM-VR0039, Report of CM-VR-SMG v22, ‘Virtual Reality – Prospects for DVB Delivery’, Nov., 2016

## [6.3 3GPP 표준화 동향 및 전망]

- [1] 3GPP TR 26.198, Virtual Reality (VR) Media Services over 3GPP, Jan. 2017
- [2] [www.3gpp.org/DynaReport/26918.htm](http://www.3gpp.org/DynaReport/26918.htm)

## [6.4 IEEE 표준화 동향 및 전망]

- [1] <http://sites.ieee.org/sagroups-3079/>

※ 상기 기재된 참고 문헌의 발간일이 기재된 경우, 해당 표준(문서)의 해당 버전에 대해서만 유효하며, 연도를 표시하지 않은 경우에는 해당 표준(권고)의 최신 버전을 따름

## 부 록 1-5

(본 부록은 기술보고서를 보충하기 위한 내용으로 기술보고서의 일부는 아님)

### 영문기술보고서 해설서

해당 사항 없음

## 부 록 1-6

(본 부록은 기술보고서를 보충하기 위한 내용으로 기술보고서의 일부는 아님)

## 기술보고서의 이력

판수	채택일	기술보고서번호	내용	담당 위원회
제1판	2017.12.19	제정 FBMF-TR-001	몰입형 미디어 표준화 동향	미래미디어 분과위원회
오류정정				
오류정정				
제2판				