

VR 미디어 획득 기술 및 서비스 동향

Trends in Acquisition and Service Technology for VR Media

- I. 서론
- II. VR 미디어 획득 기술 동향
- III. VR 미디어 서비스 동향
- IV. 결론

정준영 (J. Jeong, jjj0120@etri.re.kr)	테라미디어연구그룹 연구원
박영수 (Y. Park, nextcube@etri.re.kr)	테라미디어연구그룹 선임연구원
윤국진 (K. Yun, kyun@etri.re.kr)	테라미디어연구그룹 책임연구원
윤정일 (J. Yun, sigipus@etri.re.kr)	테라미디어연구그룹 책임연구원
정원식 (W. Cheong, wscheong@etri.re.kr)	테라미디어연구그룹 책임연구원
서정일 (J. Seo, seoji@etri.re.kr)	테라미디어연구그룹 책임연구원/그룹장

Immersive media, which maximizes the viewer's sense of presence and immersion, has been developed in the form of 3D stereoscopic media and UHD media. Going one step further, VR media, which can provide immersive experiences within an artificially created environment, have recently been considered a type of next-generation media. Within this trend, numerous IT and broadcasting companies around the world are actively investing their time and resources to boost the emerging VR industry. In this paper, we introduce the representative VR media acquisition and broadcasting service technologies that are leading the current VR industry.

* DOI: 10.22648/ETRI.2018.J.330206

* 본 연구는 미래창조과학부 정보통신·방송기술개발사업의 지원하에 수행되었음[2017-0-00072, 초실감테라미디어를 위한 AV 부호화 및 LF 미디어 원천기술 개발].



본 저작물은 공공누리 제4유형
출처표시+상업적이용금지+변경금지 조건에 따라 이용할 수 있습니다.

I. 서론

최근 사용자의 현장감 및 몰입감 등을 극대화할 수 있는 실감 미디어가 ICT(Information & Communication Technology) 기술의 발전과 콘텐츠 제작 환경의 변화로 급속히 확산되고 있다. 실감 미디어는 공간과 시간의 제약을 극복하고 인간에게 자연스러운 사실감을 제공하는 미디어로 입체감을 지원하는 3D 미디어 및 초고화질의 지원이 가능한 UHD(Ultra High Definition) 미디어로 발전되어 왔으며, 최근에는 가상의 환경에서 자연스럽게 몰입감을 제공할 수 있는 가상현실(Virtual Reality) 미디어(이하 VR 미디어)가 핵심 화두로 부상하고 있다 [1], [2].

가상현실은 인공적인 기술을 활용하여 실제로 얻기 힘든 또는 얻을 수 없는 경험이나 환경 등을 HMD(Head Mounted Display)와 같은 디스플레이 장치를 통해 제공하여 실제와 같이 체험하는 기술을 의미한다. VR 미디어는 이러한 가상현실 공간을 표현하기 위하여 360도로 펼쳐지는 영상(이하 전방위 영상)으로 표현되며, 높은 현실감과 감각적인 몰입도를 제공할 뿐만 아니라 가상 공간과 사용자의 상호작용을 통해 실감 효과를 극대화하여 차세대 실감 미디어 매개체로서 기대되고 있다[3]. 더욱이 3D 기술의 발전과 더불어 자이로 센서, 모션 인식 및 처리 기술 등이 스마트 폰에 적용되면서 VR 미디어의 대중화가 가속화되고 있으며, 사용자의 움직임 자유도 제한을 벗어나 보다 자연스러운 영상을 제공하기 위한 노력이 전 세계적으로 활발히 이루어지고 있다.

움직임 자유도(DoF: Degrees of Freedom)는 3D 공간 상에서 사용자의 움직임을 정의하기 위한 동작 요소를 나타낸 것으로, VR 미디어의 획득 및 재현을 위한 대부분 상용제품은 3-DoF의 사용자 움직임 자유도를 지원한다. 3-DoF는 사용자의 모션에 따라 적절한 영상의 재현을 위한 Roll, Pitch 및 Yaw의 3가지 회전운동을 나

타낸 것으로, 사용자가 VR 미디어를 몰입하면서 즐기 위한 기본적인 사용자의 위치정보를 표현한다. 현재 서비스되는 VR 미디어는 3-DoF의 사용자 움직임을 제공하고 있어 병진운동(Translation)에 대한 사용자의 위치정보를 표현하는 한계를 가진다. 그러므로 보다 자연스러운 몰입감을 제공하기 위하여 점차 회전운동과 병진운동이 결합된 6-DoF의 사용자 움직임을 지원하는 형태로 VR 미디어가 발전될 것으로 전망된다[4]. 6-DoF VR 미디어는 이미 CG(Computer Graphics) 기반의 VR 게임 등에서 지원되고 있으나, 실사를 활용한 VR 미디어는 개발 초기 단계로 인텔, 라이트로(Lytro), 페이스북 등의 산업체를 중심으로 획득 및 재현에 대한 기술개발이 진행 중에 있고 MPEG(Moving Picture Experts Group)를 중심으로 2022년까지 이를 부호화, 저장, 전송하기 위한 표준화[5], [6]가 추진 중에 있다.

본고에서는 사용자의 움직임 자유도를 지원함과 동시에 보다 몰입감을 제공하기 위한 다양한 VR 미디어 획득 기술을 소개하고 국내외적으로 추진 중에 있는 VR 미디어 서비스의 동향을 살펴본다.

II. VR 미디어 획득 기술 동향

현 시장에는 VR 미디어의 획득을 위한 다양한 360도 VR 카메라가 공개 또는 출시되어 있는 상황이며, 사용자의 움직임 자유도를 지원하는 형태에 따라 크게 3-DoF를 지원하는 360도 VR 카메라와 6-DoF를 지원하는 360도 VR 카메라로 구분된다. 3-DoF를 지원하는 360도 VR 카메라에는 대표적으로 고프로(GoPro) 오디세이(Odyssey), 페이스북 서라운드 360(Surround 360), 삼성 프로젝트 비욘드(Project Beyond), 노키아 오조(Ozo) 등이 있으며, 6-DoF 지원 360도 VR 카메라에는 HypeVR의 2017 CES(Consumer Electronics Show) 시연 카메라 리그, 페이스북 x6 및 x24, 라이트로 이멀지(Immerge) 등이 있다.

1. 3-DoF 지원 VR 미디어 획득 기술 동향

2014년 11월 삼성은 Stereoscopic 3D(S3D) 전방위 영상 촬영과 실시간 스트리밍이 가능한 카메라인 ‘프로젝트 비온드’ 시제품을 시연하였다[7]. (그림 1a)와 같이 원반 모양 형태의 비온드 카메라는 총 17대의 Full High Definition(FHD) 카메라로 구성되어 있으며, 이중 16대는 수평 방향에 45도 간격으로 배치되어 있고, 나머지 1대는 상향 촬영을 위해 상단에 위치한다. 수평 방향의 16대 카메라는 수렴형 스테레오 형식으로 총 8쌍이 배치되어 있으며, 모두 180도 화각의 어안 렌즈를 사용하고 있다. 비온드 카메라는 전방위 영상 촬영과 동시에 IP 기반으로 실시간 스트리밍을 지원하며, GearVR과 같은 HMD 장비를 통해 실시간으로 재현할 수 있다는 특징을 가진다.

2015년 7월 노키아는 3-DoF VR 영상 촬영을 위한 리그인 ‘오조’를 공개했다[8]. (그림 1b)와 같이 동그란 공 형태인 오조는 총 8대의 어안렌즈(화각: 185도) 카메라로 구성되어 있으며, 이에 따라 상하좌우 360도 전방위 영상의 촬영이 가능하다. 출력되는 전방위 영상은 S3D 기반의 8K×4K 해상도를 가지며, 상기 프로젝트 비온드 카메라와 마찬가지로 실시간 스트리밍의 지원이 가능하여 유무선 모니터링 기능을 통해 실시간으로 촬영 화면을 확인할 수 있다.

2015년 5월 구글은 전방위 영상을 획득하기 위하여 (그림 2)와 같은 고프로 ‘오디세이’ 카메라 리그를 활용한 ‘구글 점프(Google Jump)’라는 이름의 전방위 영상 생성 플랫폼을 공개했다[9]. 오디세이 카메라 리그는 총



(그림 1) (a) 프로젝트 비온드[7] 및 (b) 오조 카메라[8]

16대의 4K(3,840×2,160) 고프로 Hero4 Black 카메라로 구성되어 있으며, 수평 방향의 16대의 카메라는 22.5도 간격으로 전방위로 배치된다. 이후 촬영된 카메라당 영상을 360도 VR 영상으로 변환하기 위해 ‘점프 어셈블러(Jump Assembler)’라는 점프 플랫폼 전용의 소프트웨어를 활용한다[10]. 점프 플랫폼은 시청자가 머리를 좌우로 움직이면 변화된 시점에 따라 영상 내의 객체도 이에 따른 움직임을 보이는데, 즉 상하/좌우/전후 회전 운동과 좌우 이동에 따른 수평 시차를 합한 제한된 4-DoF를 제공하며, S3D형식에 최대 8K(8,192×8,192) 화질의 전방위 영상 출력을 지원한다.

2016년 8월 소셜 네트워크 서비스의 대표적 업체인 페이스북은 3-DoF 전방위 영상 촬영 카메라인 ‘서라운드 360’을 공개했다[11]. 서라운드 360의 가장 큰 특징은 카메라 하드웨어 부품요소 및 상세 도면, 카메라 동시 제어를 위한 소프트웨어 및 활용 방법, 영상 렌더링 소프트웨어 및 활용 방법 등을 포함한 오픈소스를 공개한 것인데[12], 이는 VR 미디어 생태계를 빠르게 확장시키고자 하는 페이스북의 의지를 반영한 것으로 보인다. 서라운드 360은 (그림 3)과 같은 팽이 형태의 본체



(a) 외형 구조 (b) 내형 구조

(그림 2) 오디세이 카메라[9]



(a) 외형 구조 (b) 내형 구조

(그림 3) 서라운드 360 카메라[11]

에 17대의 포인트 그레이(Point Grey) Grasshopper GS3-U3-41C6C-C 카메라가 배치되어 있다. 이 카메라 모델은 2K(2,048×2,048)의 영상을 최대 90fps로 획득할 수 있다. 리그의 수평 방향에는 수직/수평 77도 화각의 광각렌즈를 장착한 14대의 카메라가 전방위로 25.7도 간격으로 배치되어 있으며, 수직 방향에는 185도 화각의 어안렌즈를 장착한 3대의 카메라가 각각 상향 1대, 하향 2대가 위치한다. 이후 리그로 촬영된 영상은 색깔 보정, 왜곡 보정, 스티칭 등의 작업을 수행하는 페이스북 전용 소프트웨어로 입력되며, 이를 통해 S3D 및 8K(8,192×8,192) 화질의 전방위 영상이 출력된다.

2. 6-DoF 지원 VR 미디어 획득 기술 동향

인텔은 지난 2017년 CES에서 세계 최초로 6-DoF를 지원하는 전방위 VR 영상을 시연하였다[13]. 시연 영상은 베트남의 한 자연 풍경을 담고 있는데, HMD를 착용한 시청자가 상/좌우 이동에 따라 화면이 함께 이동하는 것이 아닌 실제와 동일한 위치에서 시점만 옮겨 볼 수 있게 만들었다. 단, 프리 네비게이션(Free Navigation) 기술과 같이 자유로운 이동이 아닌, 제한된 범위 내에서만 6-DoF의 체험이 가능했다. 인텔은 시연 영상의 촬영을 위해 (그림 4)와 같이 총 14대의 Red Digital Cinema 사의 Epic Dragon 6K 카메라와 1대의 Velodyne 사의 HDL-32E 3D LIDAR 센서로 구성된 HypeVR 카메라 리그를 활용하였다[14]. 14대의 카메라



(그림 4) HypeVR 카메라 리그 구조[14]

는 좌우 수평 스테레오 방식으로 2대씩 총 7쌍을 이루고 있으며, 수평으로 5쌍, 수직 상향으로 2쌍이 위치하고 있다. Epic Dragon 6K 카메라는 주로 고화질 방송 콘텐츠 제작에 활용되고 있는 하이엔드급 카메라로서, 6K×3K 화질의 영상을 최대 90fps로 획득할 수 있다[15]. HDL-32E 3D LIDAR 센서는 구글의 자율주행 자동차에 장착된 것으로, 매 초당 약 700,000개의 점으로 구성된 포인트 클라우드(Point cloud) 기반의 전방위 3차원 공간정보를 획득한다[16]. 이후 카메라를 통해 획득한 비디오 텍스처를 포인트 클라우드 데이터에 매핑함으로써 6-DoF 지원 VR 미디어를 생성하였다.

2017년 4월 페이스북 또한 6-DoF 지원이 가능한 서라운드 360의 2세대 카메라인 '서라운드 360 x6' 및 '서라운드 360 x24'를 선보였다[17]. (그림 5)와 같이 x24 모델은 24대의 카메라로, 휴대용 제품인 x6 모델은 6대의 카메라로 각각 구성되어 있다. 리그를 구성하는 각 카메라는 픽셀 단위로 RGB 영상 및 깊이 영상의 획득이 가능하며, 획득된 데이터를 기반으로 장면에 대한 3차원 모델링을 통해 6-DoF VR 미디어 서비스를 제공한다.

2017년 4월 라이트 필드(LF: Light Field) 카메라 전문업체인 미국의 라이트로는 '이멀지'라는 이름으로 6-DoF VR 영상의 획득을 위한 카메라 리그를 발표했다[18]. 기존의 전방위로 배치된 여러 대의 카메라로 구성된 리그구조와는 다르게 (그림 6)과 같이 한 방향을 바



(그림 5) 페이스북 서라운드 360 x24 및 x6 카메라 리그 구조[17]



(그림 6) 라이트로 이멀지 카메라 리그 구조[18]

라보는 육각형 평면 판의 구조를 가진다. 평면 판은 11개 층으로 배치된 정면의 91대 카메라 및 좌측/우측의 상·하단 촬영을 위하여 배치된 4대 카메라를 포함한 총 95대의 LF 카메라로 구성된다. 전방위 영상의 획득을 위해선 리그를 72도 간격으로 돌리면서 촬영함에 따라 동적 객체의 촬영은 불가능할 것으로 예상된다.

III. VR 미디어 서비스 동향

사용자가 화면 내 시점을 자유롭게 선택할 수 있고 자유로운 움직임 자유도를 제공함에 따라 몰입감 및 사실감을 극대화할 수 있는 VR 미디어는 방송, 교육, 영화, 게임 등 다양한 산업 분야에 적용되고 있으며, 지속적으로 그 영역이 확장됨에 따라 본 절에서는 국내·외 주요 VR 미디어 서비스 현황을 기술한다.

1. 해외 VR 미디어 서비스 동향(그림 7) 참조]

페이스북은 2014년 HMD 전문 기업인 오쿨러스(Oculus)를 인수하고, 자사의 소셜 네트워크 플랫폼에 VR 기술을 결합하여 360VR 서비스를 제공하고 있다. 또한, 전송 용량을 대폭 줄일 수 있는 피라미드 모양의 프로젝션 포맷을 제안하고 6-DoF를 지원하기 위한 워크플로우(Workflow)를 새로 선보이는 등 VR 기술과 플랫폼 확보를 위해 많은 노력을 하고 있다[19].

구글은 무료 소프트웨어 플랫폼 제공을 통한 광고 수익 확대라는 기존의 사업전략을 VR 분야에도 그대로



(그림 7) VR 서비스 관련 국외 기업

적용하고 있다. 구글 플레이를 통해 다양한 VR용 앱을 유통하고, 자회사인 유튜브를 통해 VR 비디오 콘텐츠를 제공함으로써 VR 서비스 확산에 큰 기여를 하고 있으며, 모바일 VR/AR(Virtual Reality/Augmented Reality) 플랫폼인 데이드림(Daydream)을 통해 자체적인 VR/AR 생태계 구축에 많은 힘을 쏟고 있다[20], [21].

방송 및 통신분야에서도 VR 미디어 접목함으로써 새로운 방송미디어를 제공하기 위한 노력이 가속화되고 있다. 영국의 BBC는 아프리카 난민 캠프 체험, 런던의 차이나타운 여행 등을 주제로 다양한 360도 비디오를 선보였고, 영국의 위성 방송 사업자인 Sky도 F1 자동차 경주 관련 뉴스를 VR 콘텐츠로 방송하였다[22], [23]. 일본의 NHK는 VR 뉴스 콘텐츠를 웹으로 제공하고 있으며, 미국의 ABC, CBS, 뉴욕 타임즈 등도 VR 기술을 활용한 방송 및 콘텐츠 제작에 적극적으로 참여하고 있다[24]. 특히, VR 기술이 가장 활발히 적용되는 분야는 스포츠 중계인데, 영국 BBC와 미국 NBC는 2016년 리우 올림픽을 360VR로 중계하였고, 미국의 VR 콘텐츠 제작 업체인 NextVR은 Fox Sports와 전략적 제휴를 통해 US 오픈 골프, NBA 프로농구, ICC 축구대회를 VR로 생중계하여 전 세계인의 주목을 받았다[25], [26]. 노키아는 MWC(Mobile World Congress) 2017에서 5G 통신망을 토대로 3ms대의 응답속도를 제공할 수 있는 VR 게임을 시연하였으며, 일본의 NTT 도코모는 2016년 스마트폰에서 360도 입체 영상을 시청할 수 있는

VR 영상 전송 서비스인 ‘dTV VR’ 서비스를 시작하였다[24], [27].

영화 및 게임 업체에서도 VR 기술 도입이 가속화되고 있다. 디즈니를 비롯한 할리우드 영화사들은 VR 기업들과 협력하여 영화, 테마파크, 방송시장 등에 진출을 시도하고 있으며, 360VR 영화 제작에 나서고 있다. 세계 최대 게임 유통 시스템인 Steam에서는 SteamVR 플랫폼을 구축하고 VR 게임 유통에 적극적으로 나서고 있으며, 소니는 PlayStation 기반 HMD인 PSVR을 토대로 관련 게임들을 지속적으로 출시하고 있다[24].

다른 산업적인 측면에서, 이베이는 호주의 대형 백화점인 Myer와 협력하여 세계 최초의 VR 기반 백화점 앱을 출시하였고 중국의 알리바바는 VR 쇼핑 플랫폼인 ‘Buy+’와 VR 결제 서비스인 ‘VR 페이(VR Pay)’를 선보였다[28], [29]. 미국의 완구 업체 Mattel에서는 내셔널 지오그래픽과 함께 공룡 테마, 우주 탐험 등 어린이들의 관심을 끌 만한 VR 콘텐츠를 제공하고 있으며, Eon Reality 등에서도 다양한 교육용 AR/VR 콘텐츠를 온라인 스토어를 통해 제공하고 있다[24]. 또한, 2000년대 후반 화제를 모았던 ‘Second life’ 서비스와 같은 가상 공간 소셜 서비스도 VR 기술과 접목하여 재등장하였는데, AltspaceVR사는 VR을 통해 가상의 공간에서 영화나 음악 등을 같이 감상하거나 소통할 수 있는 서비스를 시작하였다[30].

2. 국내 VR 미디어 서비스 동향

국내에서는 콘텐츠(Contents), 서비스 플랫폼(Service platform), 네트워크(Network) 그리고 디바이스(Device)가 결합된 C-P-N-D 기반의 VR 산업 생태계 환경 조성을 목표로 많은 학계, 연구기관, 기업들이 연구와 투자를 하고 있다[31], [(그림 8) 참조].

MBC에서는 2015년 ‘빛나거나 미치거나’라는 VR 드라마를 제작하였고, ‘복면가왕’, ‘무한도전’ 등의 TV 프



(그림 8) VR 서비스 관련 국내 기업

로그램 일부를 VR로 제작, 방송하기도 하였다. 2016년 10월에는 DMC 페스티벌을 VR 생중계하였는데, MBC는 프로그램 제작, 통신 3사(SKt, KT, LG 유플러스)는 콘텐츠 전송을 맡아 방송국과 통신사의 협력을 통한 실시간 VR 방송 서비스를 선보였다[32]. KBS에서는 2016년 9월 지상파 방송망+모바일 통신망의 2원 연계를 통해 ‘숨터 VR’이라는 VR 콘텐츠를 선보였다[33]. SBS에서는 ‘인기가요’와 같은 방송 일부를 입체 VR로 제작하였고, 입체 VR 드라마를 제작하여 자체 모바일 앱과 연계하여 서비스하고 있다[34]. 또한, JTBC, TVN 등의 케이블 방송국에서도 방송 프로그램의 일부를 VR 콘텐츠 형태로 제작하는 등의 시도를 하고 있다.

VR 전문 콘텐츠 업체에서도 다양한 콘텐츠를 제작하고 있다. 스코빅 엔터테인먼트, 무버, 포켓 메모리, 엔플로이드, 듀코젠, 이모션허브, CNBOX 등 많은 업체에서 뮤직 비디오, 광고, 게임, 교육용 VR 콘텐츠 등을 제작하며 VR 콘텐츠 제작 시장의 확대를 꾀하고 있다[24].

통신 회사에서는 VR 환경을 안정적으로 전송할 수 있는 5G 통신 기술의 연구와 더불어 자사의 통신망을 통한 VR 플랫폼 구축에보다 주력하고 있다. SK 텔레콤에서는 ‘360 Live VR’이라는 360 VR 생방송 플랫폼을 개발하고 MWC 2017 전시회를 통해 소개하였다. 360 Live VR은 전송 용량을 약 60%가량 줄여 6Mbps의 전송 대역에서 VR 방송 서비스를 가능하도록 하였고 지

연 시간도 5초 이내로 단축하였다[35]. KT에서는 IPTV 망을 통해 Full-HD 화질의 VR 콘텐츠를 일반 텔레비전으로 즐길 수 있는 ‘올레 TV 360도 기가 VR 서비스’를 제공하고 있다. 또한, 2016년 프로야구 중계를 360 VR 기술을 적용하여 서비스하였고 2017년 5월에 개최된 FIFA U-20 청소년 월드컵 축구 대회를 5G 360도 VR 기술로 생중계하는 시범 서비스를 실시하였다[36]. LG 유플러스에서는 자사의 비디오 포털을 통한 VR 콘텐츠 제공 서비스를 실시 중이며 2016년에는 LG U+ 3쿠션 마스터스 당구 대회를 VR로 생중계하였다. 또한, ‘360 VR 크리에이터 챌리지’라는 이벤트를 통해 예비 VR 콘텐츠 창작자들을 위한 교육 및 투자에도 참여하고 있다[37].

그 외 다양한 분야에서도 VR 기술이 접목된 미디어를 적극 활용하고 있다. 도담시스템즈에서는 국방, 이노시물레이션에서는 자동차/철도 관련 가상 훈련 시스템 [38], 현대 자동차에서는 자사의 자동차 모델, 랠리 영상, 자율 주행차 등을 경험할 수 있는 VR 콘텐츠를 선보였으며, 의료계에서도 VR 기술을 서비스 및 교육 분야에 적용하고 있다[38].

IV. 결론

이상으로 사용자에게 자연스러운 움직임 자유도를 지원함과 동시에 보다 몰입감을 제공하기 위한 다양한 VR 미디어 획득 기술 및 VR 미디어의 국내외 주요 서비스 동향을 살펴보았다. VR 미디어는 3D 및 모션 센싱 기술 등과 결합되어 현실세계를 가장 근접하게 재현함에 따라 새로운 미디어 형태로 인식되고 있으며, 점차적으로 고화질의 사실감 및 몰입감을 제공하는 방향으로 발전하고 있다. 더욱이 VR 미디어와 같은 몰입형 미디어의 성장이 예상되면서 글로벌 기업들이 관련 핵심 기술을 선점하기 위한 노력이 가속화되고 전 세계 표준화 단체는 차세대 플랫폼으로 VR 미디어를 서비스하기 위

한 요소기술 표준화를 추진 중에 있다. 이러한 변화 흐름 속에 본고가 VR 미디어 기술의 연구 개발 방향을 예측하고 지속적으로 국가 경쟁력을 높이는 데 조금이나마 도움이 되기를 기대한다.

용어해설

DoF(Degrees of Freedom) 로봇틱스나 가상현실시스템에서 사용되는 모든 동작요소를 뜻함. 상하회전, 좌우회전, 전후회전의 3-DoF와 상하이동, 좌우이동, 전후이동의 3-DoF가 있으며, 상기 동작 요소를 모두 포함하는 6-DoF 가 있음.

S3D(Stereoscopic 3D) 3차원(3D) 공간에 있는 것처럼 보이는 영향을 말함. 널리 활용되고 있는 영상재현 방법은 좌우의 두 눈에 각기 좌우 방향에서 본 것과 동일한 영상을 제시해 두 눈의 시차를 이용하는 방법임.

약어 정리

AR	Augmented Reality
CG	Computer Graphics
CES	Consumer Electronics Show
DoF	Degrees of Freedom
FHD	Full High Definition
FPS	Frame Per Second
HMD	Head Mounted Display
ICT	Information & Communication Technology
IP	Internet Protocol
LF	Light Field
MPEG	Moving Picture Experts Group
MWC	Mobile World Congress
S3D	Stereoscopic 3D
UHD	Ultra High Definition
VR	Virtual Reality

참고문헌

- [1] 유지상, “ICT Expert Interview,” TTA Journal, vol. 140, 2012. 4, pp. 29-33.
- [2] 전황수, 한미경, 장중현, “몰입형 미디어 기술 및 개발동향,” ETRI 기술동향보고서 16-01, 2016. 10.
- [3] 정부연, “가상현실(VR) 생태계 현황 및 시사점,” 정보통신방송 정책, 제28권 제7호, 2016. 4, pp. 1-23.
- [4] Report of DVB-CM-VR-SMG, “Virtual Reality-Prospects for DVB Delivery,” June 2016.

- [5] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Working Draft 0.2 of Technical Report on Immersive Media," N16918, Apr. 2017.
- [6] 박상운, 정준영, 김준수, 윤국진, 정원식, 서정일, "VR 미디어 표준화동향," 전자통신동향분석, 제32권 제3호, 2017. 6, pp. 28-35.
- [7] Think Tank Team, "Beyond," Accessed 2017. <http://thinktankteam.info/beyond>
- [8] NOKIA, "OZO," Accessed 2017. <https://ozo.nokia.com/vr>
- [9] Google, "Jump," Accessed 2017. <https://vr.google.com/jump>
- [10] Google, "Jump Assembler," Accessed 2017. <https://support.google.com/jump>
- [11] Facebook, "Surround 360," Accessed 2017. <https://facebook360.fb.com/facebook-surround-360>
- [12] Facebook, "Surround 360 System," Accessed 2017. <https://github.com/facebook/Surround360>
- [13] CNET, "Intel Demos World's First 'Walk-Around' VR Video Experience," Jan. 4, 2017, Accessed 2017. <https://www.youtube.com/watch?v=DFobWjSYst4>
- [14] RoadTovr, Accessed 2017. <https://www.roadtovr.com/believe-hype-hypevrsvolumetric-video-capture-glimpse-future-vrvideo/>
- [15] RED Digital Cinema, EPIC, Accessed 2017. <http://www.red.com/products/epic-dragon>
- [16] Velodyne LiDAR, Accessed 2017. <http://velodynelidar.com>
- [17] RoadTovr, Accessed 2017. <https://www.roadtovr.com/facebook-unveils-twonew-volumetric-video-surround360-camerascoming-later-year/>
- [18] LYTRO, LYTRO Immerge, Accessed 2017. <https://www.lytro.com/immerge>
- [19] E. Kuzyakov and D. Pio, "Next-Generation Video Encoding Techniques for 360 Video and VR," Facebook, Code, Jan. 22, 2016. Accessed 2017. <https://code.facebook.com/posts/1126354007399553/next-generation-video-encoding-techniques-for-360-video-and-vr/>
- [20] Google VR, Accessed 2017. <https://vr.google.com>
- [21] P. Sayer, "애플, 더그 보우만 교수 영입...가상현실 사업 시동 거나," ITworld, Jan. 2016. 1. 25, Accessed 2017. <http://www.itworld.co.kr/news/97583>
- [22] A. Conroy, "The BBC and Virtual Reality," June 9, 2016, Accessed 2017. <http://www.bbc.co.uk/rd/blog/2016-06-the-bbc-and-virtual-reality>
- [23] Sky Sports, "Sky Sports Mobile Apps," Accessed 2017. <http://www.skysports.com/mobile/apps/10606146/sky-vr-virtual-reality>
- [24] 전해영, "국내의 AR, VR 산업 현황 및 시사점," VIP 리포트 17-14, 통권 687호, 현대경제연구원, 2017.
- [25] BBC Taster, "360 Rio 2016 Olympics VR," Accessed 2017. <http://www.bbc.co.uk/taster/projects/bbc-sport-360-rio-2016-olympics-vr>
- [26] NEXTVR, Accessed 2017. <https://www.nextvr.com/news>
- [27] NOKIA, "Mobile World Congress 2017," Accessed 2017. https://www.nokia.com/en_int/about-us/news-events/mobile-world-congress-2017
- [28] Ebay, "Virtual Reality Products," Accessed 2017, <https://vr.ebay.com.au>
- [29] Reuters, "Alibaba's New Payments Concept Lets Virtual Reality Shoppers Pay by Nodding," Fortune, Oct 12, 2016.
- [30] AltspaceVR, Accessed 2017. <https://altvr.com>
- [31] 정부연, "가상현실(VR) 생태계 현황 및 시사점," 정보통신정책 보고서, 제28권 제7호, 2016. 4, pp. 1-23.
- [32] 박은석, "VR 생중계의 시대가 열린다," 방송과 기술, 2017. 1. 9.
- [33] KBS TV, "슈터," Accessed 2017. http://www.kbs.co.kr/1tv/sisa/sum/sum_vr/about/index.html
- [34] 강선애, "'만찢남 차은우, 가상현실로 분다면?'...이스트로X마마무, SBS VR 콘텐츠 제작에 합류," SBS 연예스포츠, 2017. 1. 1. http://sbsfun.sbs.co.kr/news/news_content.jsp?article_id=E10008298123
- [35] SK Telecom, Accessed 2017. <http://www.sktelecom.com/press/detail.do?idx=4070>
- [36] KT 스마트블로그, Accessed 2017. <http://rosesyruptistory.com/tag/VR>
- [37] 안호천, "LG유플러스, 3쿠션 당구대회 VR 생중계," 전자신문, 2016. 11. 6. <http://www.etnews.com/20161104000502>
- [38] 기획 재정부 외, "가상현실 산업 육성 추진현황 및 향후계획," 2016.