

Light-field기반 Immersive Video 기술 및 표준화 현황

LF 영상 개념

LF는 피사체로부터 반사되는 빛의 세기와 방향을 3차원 공간상에 표현하기 위한 장(field)으로서, LF 영상 기술은 이를 영상으로 획득한 후 디스플레이를 통해 재현하여 시각적으로 왜곡이 없는 완전한 몰입형 실감영상을 시청 가능하게 하는 기술이다[그림 1]. 실감미디어의 최종 목표인 홀로그램이 피사체로부터 반사되는 빛의 wavefront를 획득하여 재현한다면, LF는 피사체로부터 반사되는 광선(light ray)을 획득하여 재현하는 것으로서 홀로그램보다는 좀 더 용이하게 구현 가능한 것으로 알려져 있다. [그림 1]에서와 같이 3차원 공간상에서 피사체로부터 반사된 빛은 모든 파장(λ)에 대해 전 방향으로(θ, ϕ) 관측자의(이미지 센서, 눈) 위치(V_x, V_y, V_z)에 입사되는 빛의 세기의 시간적인 변화(t)를 나타내는 7D plenoptic 함수, $P(\theta, \phi, \lambda, t, V_x, V_y, V_z)$ 로 표현되고 이 7D plenoptic 함수를 구현하게 되면 특정 3차원 공간에 대한 모든 LF 정보를 얻을 수 있다. 현실적으로 LF 영상은 [그림 1(c)]에서와 같이 $P(x, y, u, v)$ 로 표현되는 4D 함수를 통해 두 개의 2차원 면을 통과하는 광선들의 세기와 방향으로 충분히 표현할 수 있다.

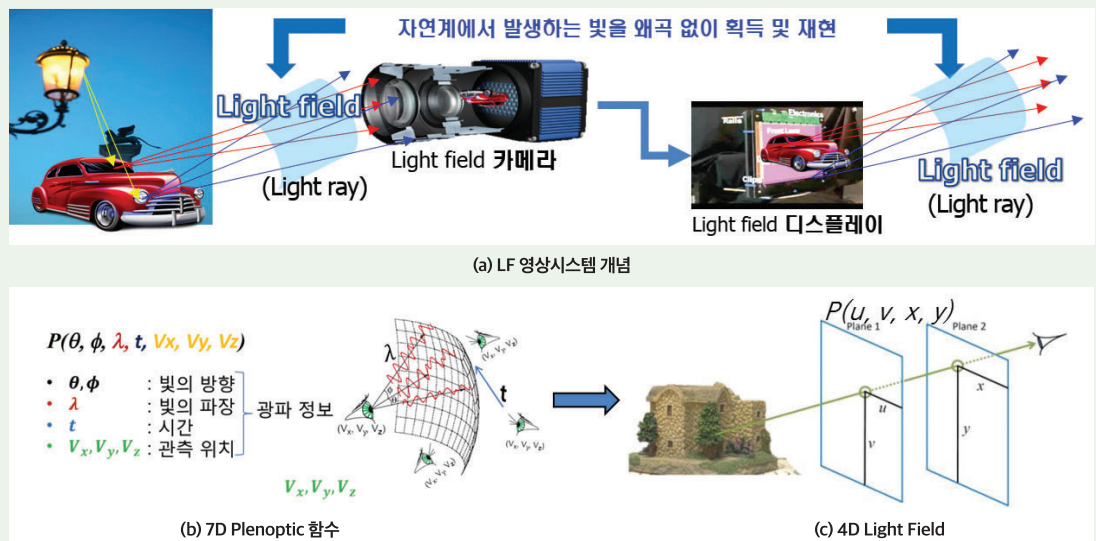


그림 1. 공간상의 빛을 표현하기 위한 LF 개념

실제 LF 영상시스템의 구현 및 신호처리를 위해서는 4D LF의 두 면을 절단한 형태인 2D LF로 해석하는게 용이하다[그림 2]. 공간 필터링 등과 같이 LF 신호 처리를 위해서는 [그림 2]의 우측에서와같이 2D ray space 상에 광선 샘플들로 표현하는게 유리한데, 이는 수평축을 통해 공간(spatial)성분, 수직축을 통해 방향(directional) 성분의 분포를 나타내는 것이다. 한편 대표적인 LF 영상 포맷은 [그림 2]에서와 같이 Microlens-type 카메라로 획득한 마이크로이미지(Micro image) 및 2D array 다중카메라로 획득한 full-parallax(FP)의 다시점 영상이다. 마이크로이미지는 최근에 MPEG에서 lenslet이라고 불리고 있으며, [그림 2]에서와 같이 2D LF의 ray diagram을 통해 FP 다시점 영상으로 변환 가능하며, 반대로 FP 다시점 영상으로부터 마이크로이미지의 상호변환도 가능하다.

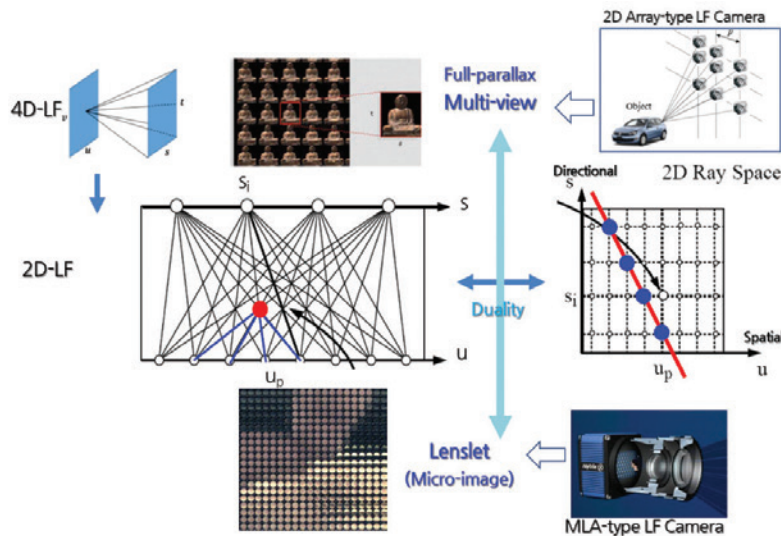


그림 2. LF 영상 포맷 변환 관계

LF 영상시스템에서 가능한 실감미디어 서비스

[그림 3]은 LF 영상 관련 기술을 응용하여 현재까지 그리고 향후에 가능한 실감미디어 서비스 시나리오를 제시하고 있다. FP 다시점 영상 또는 마이크로이미지 포맷으로 획득된 LF 영상은 편집, 압축, 전송 등의 미디어 처리를 거쳐 리포싱(refocusing), 3D 영상 복원, 자유시점 내비게이션(Free-view navigation), 완전입체 3D, 6DoF VR 등의 서비스 제공이 가능하다.

LF 카메라를 가장 먼저 상용화 한 업체는 미국의 Lytro 사로써 리포싱이 가능한 소형 LF 카메라부터, LF DSR 카메라, 360 전방위 LF 카메라 등의 출시를 통해 관련 기술 개발을 선도하고 있다. Lytro 사는 AR 기술이 접목된 방송 및 영화 콘텐츠를 제작하기 위해 Depth Screen이라는 기술을 선보였는데, 이는 LF 카메라를 통해 획득된 영상으로부터 추출된 깊이 정보를 기반으로 제작자의 의도에 따라 배경을 교체하는 기술이다. 보통 스튜디오에서 블루스크린을 사용하여 배경을 교체하게 되는데, Depth Screen 기술을 사용하면 야외에서도 공간의 제약 없이 배경교체가 가능하며 시점영상 정보를 이용하여 다양한 AR 콘텐츠 제작에 활용 가능하다. 독일의 Raytrix 사는 산업용 LF 카메라를 주로 출시하고 있는데, 이는 생산 중인 부품의 정밀 3D 복원을 통해 제품의 품질 검사 및 모니터링에 응용되고 있다.

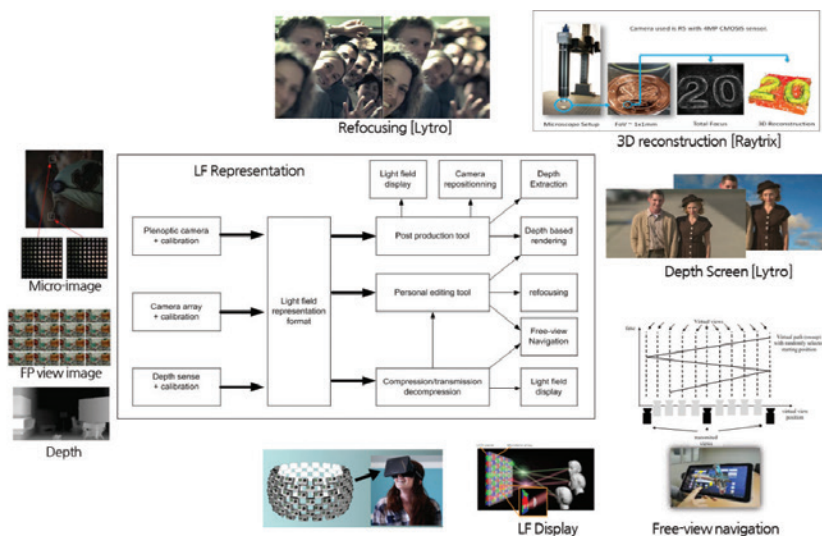


그림 3. LF 영상 기반의 실감미디어 서비스

LF 영상은 LF 디스플레이에 재현되어 시청자에게 완전입체 영상을 보여줄 수 있다. LF 디스플레이는 인간에게 완전한 입체감을 제공하기 위한 4가지 물리적 요소(양안시차, 주시, 운동시차, 초점조절)의 재현이 가능한 무안경 3D 디스플레이이다. LF 디스플레이는 시청자가 주시하는 지점과 초점이 일치하도록 하기 위해서 동공 내에 2개 이상의 시점 영상이 투영되도록 한다. 이를 위해 LF 카메라에 의해 저밀도로 획득한 LF 영상으로부터 고밀도의 LF 영상을 합성하여 재현하는 기술이 활발히 개발되고 있다. 한편 현재까지의 LF 영상은 4D LF를 기반으로 한정된 각도의 광선만을 다루었다면, LF가 몰입형 VR 미디어에 적용되면서 360도 전방위의 광선을 다루기 시작하였다. 이를 기반으로 6DoF 지원이 가능한 이머시브 영상(immersive video)을 제공하기 위해 LF 기반의 VR 영상획득 및 재현기술 개발이 본격적으로 진행 중이다. LF 영상 획득 및 LF 영상합성에 의해 고밀도의 수평 및 수직 방향의 시점이 재현된다면, 사용자 선택에 의해 연속적인 시점의 변화(View navigation), 블로킹 현상이 없는 초점의 변화(refocusing) 및 초점 및 주시점이 일치되는 입체영상의 시청이 동시에 가능하게 될 것이다.

LF 기반 Immersive Video 기술 동향

국내 LF 영상 기술 동향

국내에서는 범부처 기가코리아 사업을 통해 2015년 9월부터 모바일용 LF 단말을 통해 LF 영상을 재현하기 위해 삼성디스플레이를 주관으로 LF 디스플레이 및 콘텐츠 기술 개발 위주로 활발히 진행되고 있다. [그림 4]에서와 같이 본 기술 개발은 획득된 LF 영상을 동공 내 2개 이상의 조밀한 시점 영상으로 재현하기 위해 고밀도의 시점영상으로 합성한 후, 마이크로렌즈 및 렌즈콜라 렌즈 기반의 LF 디스플레이에 재현을 시도하고 있다. LF 디스플레이의 핵심 부품으로서, 5인치 QUHD급 이상의 평판패널과 광학렌즈가 삼성 디스플레이에 의해 개발 중에 있으며, 산학연 참여기관들이 모바일 환경에서의 LF 영상 생성, 콘텐츠 저작 및 LF 영상합성 기술도 함께 개발하고 있어 2020년경에는 모바일 환경에서 시청자에게 안경 없이 자연스러운 입체영상을 선 보일 수 있을 것이다.

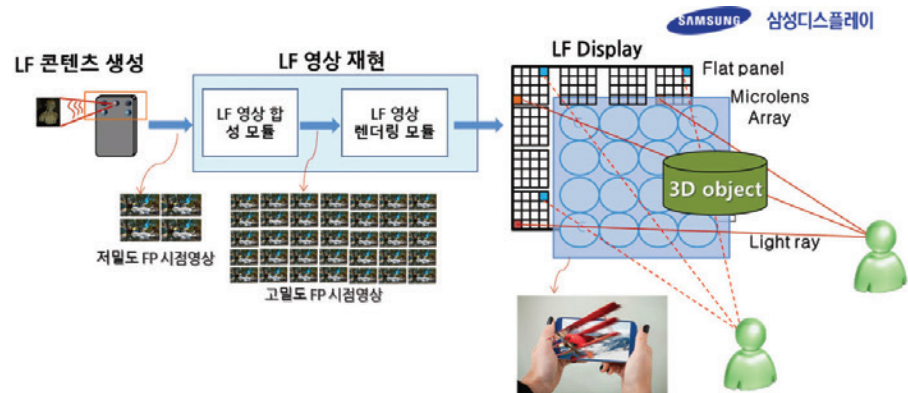


그림 4. 모바일 LF 단말 및 콘텐츠 기술개발 개념

해외 LF 영상 기술 동향

HMD(Head Mounted Display)를 이용한 가상현실이 차세대 ICT 플랫폼 기술로 전 세계적으로 주목을 받음에 따라, Lytro, Facebook, Google 등과 같은 주요 기업들이 관련 기술 개발을 추진하고 있다. Lytro는 초기에 설계하였던 구 형태의 카메라 리그 구조를 수정하여, 육각형 모양의 평면에 정면 방향 11개 층으로 평행하게 배치된 91대 카메라와 좌우측 상하단 촬영을 위하여 배치된 4대 카메라를 포함한 총 95대의 다중 카메라로 구성된 새로운 Immerge 카메라를 공개하였다. 120도

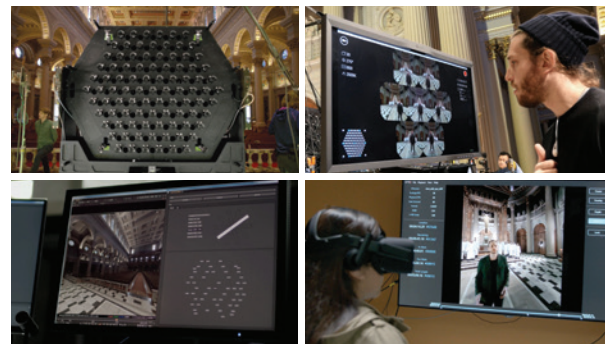


그림 5. Lytro 사의 전방위 LF 카메라 (Immerge)

시야각의 웨지(wedge) 형태의 다중 카메라 어레이 평면을, 72도 간격으로 5번 회전하여 360도 전방위의 LF 영상을 획득할 수 있으나, 시간적으로 동기화된 전방위 영상 획득은 어려운 구조이다. 따라서 공연, 영화 등에서 배경영상을 먼저 360도로 획득한 후, 주요 장면만을 동영상으로 제작하여 3D 공간상에서 합성함으로써 전방위적으로 입체감과 몰입감을 동시에 부여할 수 있는 영상 프로덕션 솔루션으로 활용되고 있다.

Facebook은 2017년도 자사의 개발자 컨퍼런스 F8에서 차기 버전의 Surround 360 카메라인 x24와 x6를 공개하였으며, Adobe, Otoy, Foundry, Mettle 등 주요 포스트 프로덕션 업체들과 협력 관계를 맺고 6DoF 가상현실 콘텐츠 제작에 필요한 획득, 압축, 전송 및 재현을 위한 툴체인(toolchain) 개발을 주도하고 있다. x24와 x6 카메라는 각각 24대와 6대의 카메라를 구 중심에서 전 방향으로 배치한 구조로, 픽셀 단위로 RGB 영상 및 깊이 정보 획득이 가능하며, 이를 활용한 3차원 모델 기반의 6DoF 서비스를 지원한다고 한다. 특히 장면 구성 및 렌더링 톨 간에 전달되는 장면과 관련된 모든 데이터 입출력을 지원하는 패키지 기술인 Otoy의 ORBX는 MPEG-I 표준화 그룹에서 6DoF 지원을 위한 미디어 컨테이너 포맷으로 제안되어 논의되고 있다.



그림 6. Facebook의 Surround 360 카메라 (x24, x6)

컴퓨터 그래픽스 분야 최고 권위의 학회인 SIGGRAPH 2018에서 구글, Disney Research는 LF 기반의 VR 기술을 적용한 시제품들을 선보였다. 구글은 전방위의 공간 스캐닝이 가능한 Arch 리그 구조의 360 카메라[그림 7 좌]를 통해 LF 영상을 획득하여 정지된 영상에서 운동시차를 지원하기 위한 VR 기술을 선보였다. 제작된 전방위 LF 영상은 'Welcome to Light Fields' 에서 제공하고 있다. 이와 별개로 Windowed 6DoF의 제공이 가능한 다중 카메라 시스템[그림 7 우] 및 동영상에서의 운동시차재현 기술을 선보였다.



그림 7. Google의 전방위 LF 카메라

Disney Research에서 소개한 LF 기술은 16개의 카메라 모듈을 circular 리그에 배치하여 카메라 구성이 간단하나, LF의 광선 보간 기법을 통해 고밀도의 시점 영상을 합성함으로써 운동시차 지원 전방위 영상의 재현이 가능함을 시연하였다.



(a) Circular-rig형 전방위 LF 카메라



(b) 시청자 motion에 의한 운동시차 재현

그림 8. Disney Research의 LF기반 전방위 비디오 기술

LF 기반 Immersive Video 기술 MPEG 표준화 동향

MPEG-I visual 그룹은 2017년 제노바 미팅에서 발족되어 전방위 360 비디오의 효율적인 압축 표화를 위한 준비를 시작하였으며, [그림 9]에서와 같은 표준화 마일스톤을 제시하고 있다. 3DoF(Degree of Freedom)는 현재 서비스되고 있는 360 비디오 기술로서 시청자에게 회전운동에 따라 시점 영상의 변화를 제공한다. 3DoF+ 이후부터 시청자의 전후/좌우/상하 병진 움직임에 따른 운동시차를 지원함으로써 실감형의 몰입감이 있는 360 비디오를 재현한다. 즉, 게임에서와같이 시청자의 자유로운 움직임에 따라 보이는 시점 영상이 변화되도록 실사의 360 영상을 렌더링하는 것이다. 현재 가장 활발히 표준화되고 있는 3DoF+는 기존의 3DoF에서 제한된 범위 즉 착석환경에서 수평/수직/전후 방향의 운동시차를 제공하는 것이며, Windowed 6DoF는 특정 Window 영역을 통해 줌인/줌아웃 및 운동시차를 제공하고, 6DoF는 시청자가 자유로이 이동하는 환경에서 완전한 운동시차를 지원하는 것을 목표로 한다. MPEG-I에서는 Phase 2단계부터 LF 비디오 압축을 고려할 예정이지만, 운동시차의 지원을 위해서는 전방위 공간정보의 생성 및 영상 합성 기술이 필요하므로 phase 1b 단계부터 LF 영상 기술이 이용되고 있다. Windowed 6DoF는 주요 디스플레이가 HMD로 바뀌었을 뿐 종래의 LF 영상 기술을 이용한 시점네비게이션(view-navigation)과 거의 유사한 형태로서, 넓은 시청 영역을 확보하기 위해서 어레이형의 다중 카메라 시스템이 필요하다. 현재, 독일의 Fraunhofer, 프랑스의 Technicolor 사, 벨기에의 ULB 대학, ETRI 등에서 어레이형 LF 카메라 및 테스트 콘텐츠를 제작하여 표준 기술 검증에 이용하고 있다.

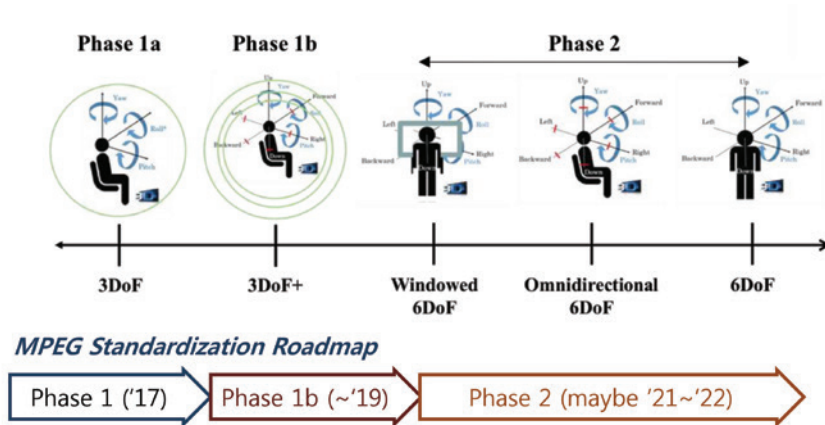


그림 9. MPEG-I 표준화 로드맵

결론

MPEG-I visual 그룹에서 3DoF+/Windowed 6DoF/6DoF 지원 360 비디오를 효율적으로 압축하기 위한 코덱의 표준화를 준비 중에 있으며, 전방위의 공간정보 생성과 이를 이용해 전방위 시점영상을 합성하기 위한 검증소프트웨어를 준비하고 있다. 이와 병행하여 글로벌 기관(Facebook, Google, Disney research 등)에서 LF 기반의 360 실사 video 획득 및 재현 기술을 개발하여 시연하였다. 국내에서는 ETRI를 비롯한 연구기관을 중심으로 자연스러운 운동시차의 지원이 가능한 LF 기반 360 실사 video의 생성 및 재현 기술을 개발하고 있으므로, 가까운 미래에 제한된 몰입감을 넘어서, 시청자의 이동에 따라 자유로운 실감 및 몰입감이 동시에 가능한 이머시브 비디오 서비스가 가능할 것이다. 📺