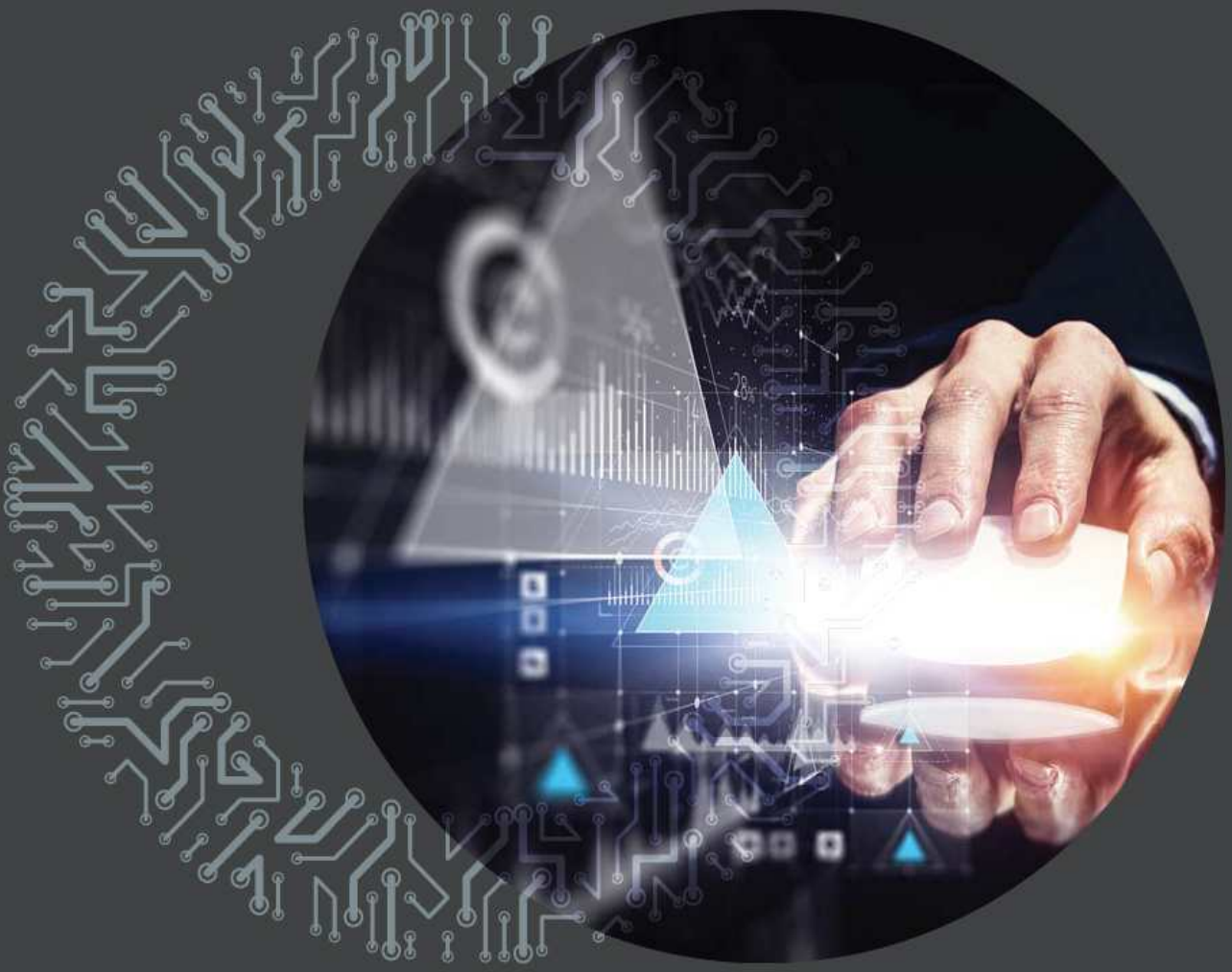
ETRI Insight

Insight Report 2017-06

기술경제연구본부 기술경제연구그룹
전 황 수

Insight Report

다초점 Light Field 기술 동향 분석



ETRI Electronics and Telecommunications Research Institute

※ 본 보고서의 내용은 필자의 개인적인 견해이며, 한국전자통신연구원의 공식 견해가 아님을 알려드립니다.

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

요 약 ····· 1

Ⅰ. 개 관 ····· 2

Ⅱ. Light Field 카메라 ····· 3

1. 개요 ····· 3

2. LF 영상 획득 방법 ····· 3

3. 응용분야 ····· 5

4. 국내 개발 동향 ····· 7

5. 해외 개발 동향 ····· 9

Ⅲ. Light Field 디스플레이 ····· 19

1. LF 디스플레이 ····· 19

2. LF 3D 디스플레이 ····· 25

3. 국내 개발 동향 ····· 29

4. 해외 개발 동향 ····· 33

Ⅳ. 정책적 시사점 ····· 45

참고문헌 ····· 47



요 약

Light Field 기술의 특성

- Light Filed는 3차원 공간상에서 피사체로부터 반사되는 빛의 세기와 방향을 표현하기 위한 장(field)으로서, LF 영상획득 및 재현 기술은 카메라를 통해 LF를 획득한 후 디스플레이를 통해 그대로 재현하여 시각적으로 왜곡이 없는 완전 입체의 실감영상을 시청하게 하는 기술

Light Field 카메라

- Light Filed 카메라는 메인 렌즈의 초점면에 여러 개의 마이크로렌즈를 사용하고, 이미지 센서는 마이크로렌즈 보다 약간 뒤쪽에 위치해 이미지들을 사용해 포커스가 맞지 않은 부분들을 분석하고 심도에 대한 정보를 얻을 수 있음

  - LF 영상획득 방법은 수평 및 수직 어레이로 구성된 다중카메라 통해 획득하는 방법과 마이크로렌즈 어레이 기반 카메라로 획득하는 방법

  - 응용분야는 스마트폰, CCTV 및 영상 카메라, VR 서비스 등에 활용

Light Field 디스플레이

- Light Field 디스플레이는 LF를 관측자 공간으로 재현하는 디스플레이 기술로 양안 시차에 의존하는 3D 디스플레이 기술과는 달리 모든 깊이 인지 요인을 일관성있게 전달하는 이상적 디스플레이로서 가능

  - ① 프로젝트 어레이, ② 렌즈 어레이와 디스플레이 패널, ③ 디스플레이 패널 적층 방식이 있음

  - **① 초다시점에서의 입체영상 점의 흐려짐, ② 초다시점에서의 단안 조절 정보 노이즈의 발생, ③ 초다시점 시점수의 구현 등 문제 해결돼야**

정책적 시사점

- 홀로그래픽 등 LF 3D 디스플레이 개발이 필요

- **현실공간에 LF를 표현해 실제 사물과 가장 비슷한 자연스러운 3D 영상을 구현하여 MIT 미디어랩, Apple, Ms, NHK 등이 신제품을 출시**

- **우리도 대학, 연구소와 기업들이 기존 3D 디스플레이 연구뿐만 아니라** 홀로그래픽 등 LF 3D 디스플레이 개발이 필요

Ⅰ 개 관

1. 개요

Light Field의 정의

- Light Filed는 3차원 공간상에서 피사체로부터 반사되는 빛의 세기와 방향을 표현하기 위한 장(field)으로서, LF 영상획득 및 재현 기술은 카메라를 통해 LF를 획득한 후 디스플레이를 통해 그대로 재현하여 시각적으로 왜곡이 없는 완전 입체의 실감영상을 시청하게 하는 기술

- Light-Field(LF) 기술은 자연스러운 완전 입체영상을 재현하면서도 홀로그램에 앞서 실현 가능한 기술로 기술개발이 국내외에서 활발히 진행

  - 카메라로 빛의 세기와 방향 정보를 획득 후 디스플레이로 그대로 재현함으로써 시각적으로 왜곡이 없는 완전 입체의 실감영상을 시청

  - 조밀한 시점영상, 깊이영상의 제공으로 3D 단말 분야뿐만 아니라, 초점조절 기능을 통해 다양한 2D 응용 기술로 활용

- LF 영상을 획득하기 위해서는 고해상도의 공간 및 방향 성분을 가지는 광선을 획득해야하며, 수평 및 수직 시차를 동시에 고해상도로 획득 가능한 영상획득 소자나 고정밀 깊이정보 획득하기 위해 센서가 필요[1)]

완전 입체영상을 위한 LG 영상획득 및 재현 개념



자료 : 이광순 외, Light-Field 영상획득 및 재현 기술동향, 전자통신동향분석, 2016년 6월 p.52

1) 이광순 외, “Light-Field 영상획득 및 재현 기술동향”, 전자통신동향분석, 제31권 3호, 2016년 6월, pp.51-52.

Ⅱ Light Field 카메라

1. 개요

정의

- 메인 렌즈의 초점면에 여러 개의 마이크로렌즈를 사용하고, 이미지 센서는 마이크로렌즈 보다 약간 뒤쪽에 위치해 이미지들을 사용해 포커스가 맞지 않은 부분들을 분석하고 심도에 대한 정보를 얻을 수 있음
  - 수많은 작은 이미지들을 분석 한 후 그것들을 조작 및 배합할 수 있는 SW를 사용해 하나의 이미지로 만들어 매우 깊이있는 심도를 표현
  - LF카메라로 잡아낸 이미지는 초점 면이나 심도를 변화시켜 다른 느낌을 가진 사진으로 변형시킬 수 있다는 있음

특성

- 사용자는 Light Field 이미지를 사용해 전경에 초점을 맞출 수도, 아니면 중간이나 후경에 있는 물체에 초점을 맞출 수도 있고, 모든 물체에 초점이 맞춰진 사진을 찍을 수도 있음
- 단점은 최종 결과물의 해상도가 낮은데, 하나의 마이크로렌즈가 빛이 향하는 하나의 방향만을 잡아내므로 이미지 픽셀의 수가 많아질수록 마이크로렌즈의 수도 마찬가지로 증가
  - 피사계 심도는 마이크로 렌즈의 수에, 그리고 해상도는 마이크로 렌즈당 픽셀의 수에 의해 결정돼 주어진 센서에 마이크로 렌즈의 수를 늘리면 해상도는 떨어지지만 심도는 증가

2. LF 영상 획득 방법

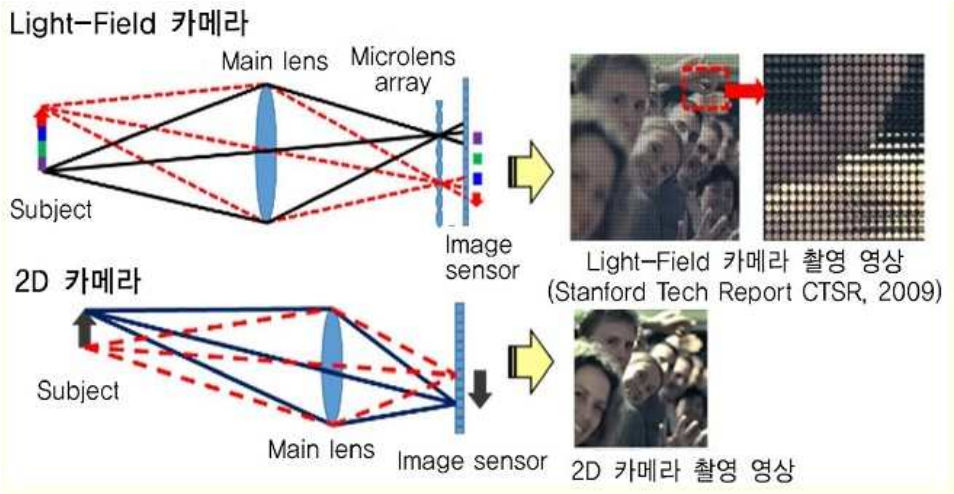
개요

- LF 영상획득 방법은 수평 및 수직 어레이로 구성된 다중카메라 통해 획득하는 방법과 마이크로렌즈 어레이 기반 카메라로 획득하는 방법 있음

마이크로 어레이 기반

- 마이크로렌즈 어레이 기반 LF 카메라는 획득이 용이하고 카메라 정렬(calibration) 및 보정(rectification) 등 처리가 쉬워 LF 영상획득이 용이하나, 획득 가능한 광선의 각도가 작고 획득 가능한 깊이범위가 얇음

마이크로 어레이 기반 LF 카메라 개념



자료 : 이광순 외, Light-Field 영상획득 및 재현 기술동향, 전자통신동향분석, 2016년 6월, p.53

다중 카메라 기반

다중 카메라 기반의 8×8 LF 카메라(일본 동경대)



자료 : 이광순 외, Light-Field 영상획득 및 재현 기술동향, 전자통신동향분석, 2016년 6월, p.53

- 다중 카메라 기반의 LF카메라는 시야각이 넓고 획득 가능한 깊이 범위가 깊으며, 시점영상당 해상도가 CCD의 해상도와 동일하게 유지할 수 있으나, 카메라 정렬 및 보정이 어렵고 설치가 난해하여 보급에 장애[2)]

3. 응용분야

개요

- LF 카메라로 획득된 영상은 수평/수직 시차 시점영상, 깊이영상 등의 실감 영상 포맷을 지원하기 때문에 다양한 응용분야에 적용이 가능

스마트폰

- 스마트폰에 적용될 경우 초점가변 및 깊이정보 추출 기능을 이용하여 한번 촬영한 영상의 배경을 바꿀 수 있음
  - 전경 인물은 그대로 두면서 배경을 바다, 산, 강 등 다양하게 바꾸는 앱에 활용하는 것을 보여주고 있고, 획득된 시점 영상 및 깊이정보를 이용하여 3D 모델링된 영상을 생성
  - 스마트폰 제조사들이 화소 경쟁을 넘어 카메라 모듈 두 개를 탑재한 '듀얼 카메라'로 승부수를 띄우고 있는데, 디지털 방식으로 줌을 할 경우 인위적으로 장면을 확보함에 따라 깨지거나 흐린 결과물이 나오지만 듀얼 카메라는 망각과 광각을 모두 탑재하면서 깨지지 않는 줌 가능
  - 듀얼 카메라는 넓은 각도로 사진을 촬영할 수 있는 데다 빛이 적을 때도 비교적 또렷한 사진을 얻을 수 있는 등 이점이 많아 2016년 9월 공개한 애플 아이폰7 플러스에 듀얼 카메라를 채택
  - 시장조사업체 카운터포인트에 따르면 2017년 듀얼카메라를 채용한 스마트폰 판매량은 3억 대로, 전년 대비 400% 이상 증가할 것으로 전망

CCTV 및 영상 카메라

- LF 카메라는 넓은 피사체 심도를 제공하기 때문에, 피사체와 카메라와의 거

2) 이광순 외, "Light-Field 영상획득 및 재현 기술동향", 전자통신동향분석, 제31권 3호, 2016년 6월, pp.53-54.

리에 덜 민감하게 초점을 맞추고 이를 통해 인식률을 높일 수 있으므로, 방범용 CCTV 카메라 또는 영상 인식 카메라로 이용 가능

스마트폰 및 방법용 CCTV 서비스 응용

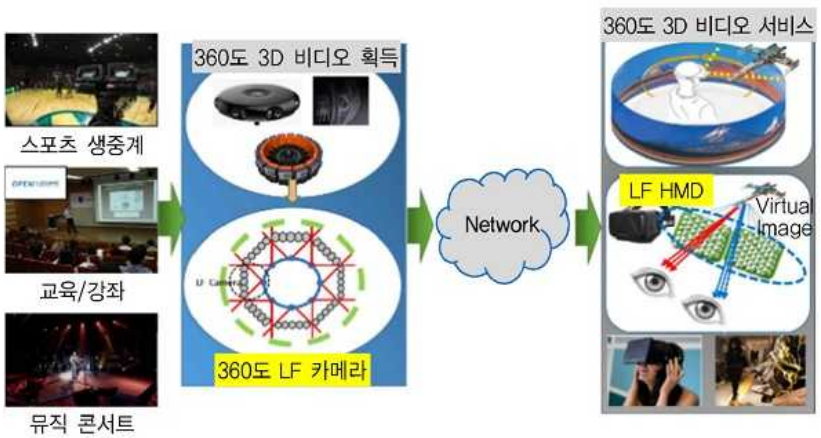


자료 : 이광순 외, Light-Field 영상획득 및 재현 기술동향, 전자통신동향분석, 2016년 6월, p.57

VR 서비스

- VR 서비스 활성화를 위해서는 개인용 단말인 HMD 및 투시형 디스플레이를 사용자 친화적으로 개선하는 것이 절실한데, 경량으로 시각피로가 없이 몰입감을 극대화할 수 있는 기능의 구현이 필요
  - 국내외에서 LF 기술을 VR에 접목하는 시도가 기초연구 차원에서 진행되어오다가 최근에 시제품까지 제작[3)]

VR 서비스 응용



자료 : 이광순 외, Light-Field 영상획득 및 재현 기술동향, 전자통신동향분석, 2016년 6월, p.58

3) 이광순 외, “Light-Field 영상획득 및 재현 기술동향”, 전자통신동향분석, 2016년 6월, pp.50-58.

4. 국내 개발 동향

ETRI

- 미래창조과학부 기가코리아 사업의 일환으로 2015년 9월부터 모바일용 LF 단말을 개발
  - 초점조절을 포함하는 4가지 입체요인을 모바일 단말에 구현하여 사용자로 하여금 완전입체의 영상을 볼 수 있게 하는 것으로 동공 내 2개 이상의 조밀한 시점 영상재현을 통해 구현할 예정이며, 시청거리, 시청각 및 시점 해상도를 만족하기 위해서 해결해야 할 기술적 이슈가 존재
  - 45cm 시청거리에서 20도의 시야각을 형성하려면 시청폭은 약 10cm정도이고, 여기에 3mm의 시점간격을 유지하려면 35개 시점영상 필요
  - 8K해상도의 디스플레이 패널을 사용한다면 시점영상의 수평해상도는 220 픽셀 정도로서, HD급의 시점해상도에 매우 부족
  - 디스플레이의 패널 해상도를 10K 정도까지 증대시키면서, 시간다중화 및 공간다중화의 효과를 동시에 적용하기 위한 능동형 마이크로렌즈 어레이 및 방향성 백라이트를 개발 중[4)]

삼성전자

삼성전기 듀얼카메라 모듈 성능



자료 : www.semstory.com, 진격의 듀얼카매라 모듈, 2016.10.26.

4) 이광순 외, “Light-Field 영상획득 및 재현 기술동향”, 전자통신동향분석, 제31권 3호, 2016년 6월, pp.56-57.

- 차기 프리미엄 스마트폰인 갤럭시S8의 후면에 듀얼 카메라 탑재될 전망
  - 듀얼 카메라 모듈은 1200만 화소, 1300만 화소로 구성될 전망

LG전자

- 국내에서는 LG전자가 유일하게 'V10·G5' 등에 듀얼 카메라를 탑재
  - G5의 후면에 있는 800만 화소 광각 카메라(화각 135도)와 1600만 화소 카메라(화각 78도) 중 상황에 따라 선택해 사진을 찍을 수 있음

LG전자의 듀얼 카메라 장착 스마트폰

V10



G5



자료 : www.lge.co.kr

나무가

- 삼성전자 벤더로 듀얼카메라 통한 다초점 또는 3D 구현 연구 축적
- 2015년 인텔에 시험용으로 제공한 시험용 3D 리얼센스 모듈이 2016년 태블릿PC 등에 탑재되기 시작했고, 적용범위도 확대
  - 리얼센스로 불리는 3D 인뎁스센서 모듈 제작해 인텔에 시험모델 제공
  - 리얼센스에 탑재된 HP 노트북과 태블릿PC가 출시됐고 에이서, 레노버 등 노트PC 업체들도 인텔 리얼센스 탑재 노트PC 출시하거나 예정[5)]

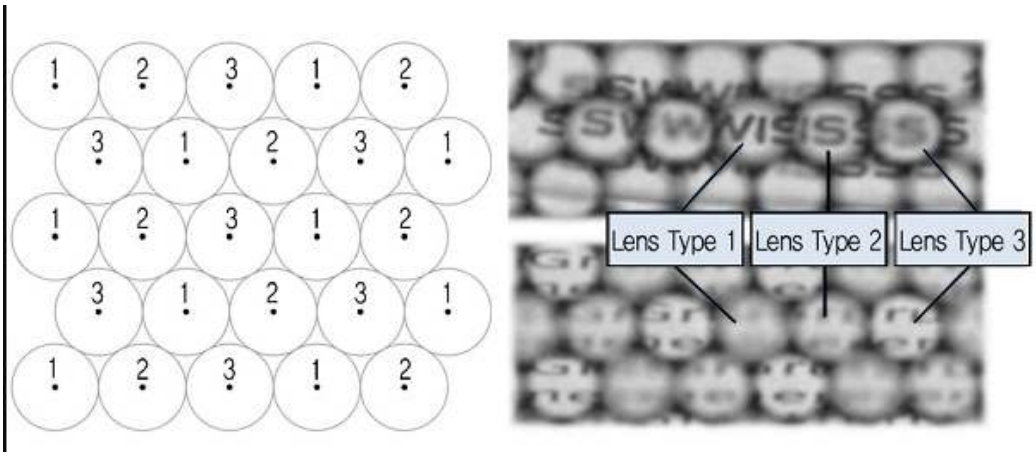
5) 이데일리, "**나무가, 인텔 3D 리얼센스 모듈 매출 본격화**", 2016.6.22.

5. 해외 개발 동향

Raytrix

- 독일 업체로 다중 초점면(multi-focus plane) 기법을 사용하고 있는데, 서로 다른 초점거리를 가지는 다중 초점 마이크로렌즈 어레이를 사용하여 단일 초점 마이크로렌즈 어레이 방식보다 DOF를 증대시킬 수 있고, 신호처리를 통해 유효 공간 해상도를 CCD 센서 해상도의 1/4로 유지
  - 4K 해상도의 CCD를 사용하면 깊이정보와 더불어 다중의 Full HD 시점영상을 획득
- Raytrix사의 주요 판매 제품은 생산라인에서 제작되는 부품 중에서 불량품을 체크하는 관측 카메라용[6)]

다초점 마이크로 어레이를 이용한 공간해상도 증대



자료 : 이광순 외, Light-Field 영상획득 및 재현 기술동향, 전자통신동향분석, 2016년 6월

Lytro

- 2006년 실리콘벨리에서 설립되어, 기존 카메라와 다른 카메라 제작
  - 사진 한 장을 찍으면 렌즈로 들어오는 '4천만개 정보를 기록, 입체적인 이미지를 저장한다'는 '라이트필드(Light-field)' 기술을 응용해서 일룸 카메라의 원조 격인 '1세대 라이트로 카메라'를 2012년 개발
  - 처음 선보인 라이트로 카메라는 한 손에 잡힐 정도의 크기에 렌즈가 카메

6) 이광순 외, "Light-Field 영상획득 및 재현 기술동향", 전자통신동향분석, 2016년 6월, p.54.

라 몸통과 같이 붙어 있는 립스틱 케이스처럼 생겼고, 앞 뒤 초점이 다 맞는 기능을 갖고 있었으나 맥킨토시로만 편집이 가능

- 소비자용의 LF 카메라를 출시하고 있으며, 베이스라인 폭이 작다는 단점을 보완하기 위해 LF 카메라가 좌우로 이동 가능한 스테레오 LF 영상획득 시제품을 제작

  - 현재는 테스트용으로 시도되었지만 향후 Virtual Reality(VR) 서비스를 위해 성능확장을 시도

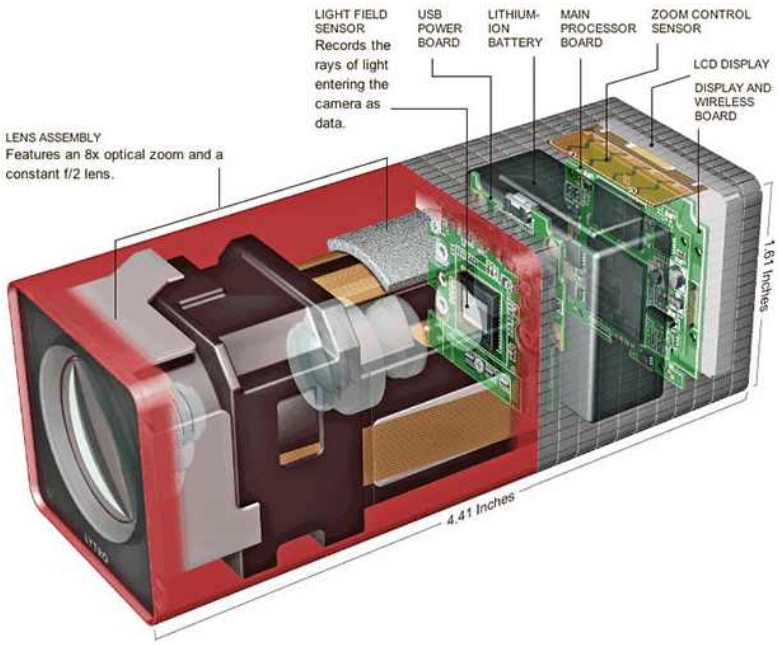
  - 몰입형 VR서비스에 필요한 전방위 LF 영상을 획득하기 위해, 일련의 LF 센서들이 5층 적층형 구조로 장착되어 있는 Lytro Immerge 개발 공개

  - 색상별로 용량이 다른데, 8G면 약 350장의 사진을 담을 수 있음

  - 운영체제의 특성을 타지 않고, Mac이나 Windows 어디에서나 디스플레이 호환 가능

  - 스마트폰, 아이패드와 같은 모바일기기에서도 소프트웨어 설치없이 촬영물의 감상이 가능한데, 우선 Lytro.com에 업로딩한 다음, 페이스북, 트위터에서의 공유가 가능

Lytro사의 LF 카메라



자료 : www.lytro.com

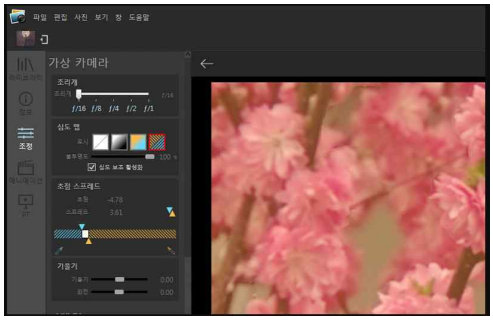
LYTRO ILLUM 카메라

- 찰나의 시간을 기록하여 언제든지 볼 수 있도록 해주는 카메라로 조리개 심도와 상관없이 앞 뒤 초점이 다 맞음
- 사진 한 장을 찍는 데 속도가 느리지만 앞과 뒤 피사체의 초점을 모두 정확한 초점과 풍부한 계조로 촬영해 조리개가 없는 대신, 촬영이 끝난 후에 조리개를 2.8부터 16까지 마음대로 조절
- 초점이 이동하는 사진을 보려면 라이트로 홈페이지(www.lytro.com)를 들어가서 사진 등록하고 HTML 문서 편집이 가능한 곳에 사진의 임베드코드를 복사해 가져와 다른 사이트나 모바일 화면으로 보는 것 가능
- 가장 큰 발전 가능성은 촬영된 사진 한장 안에서 마우스를 이리저리 움직여보면 사진 감상자 시선을 따라 초점이 이동된다는 것에서 출발
- 3D 표시 방식인 레드-시안(Red-Cyan) 방식의 JPG 파일로 출력 가능
- 2014년 봄 출시되어 야외 촬영, 아기 사진, 패션 모델 화보 등에 활용
- 감상자가 초점을 손으로 이동해 가면서 사진을 볼수 있는 태블릿 pc나 모바일로 사진을 놀이하듯 이리 저리 터치해가며 보는 것

Lytro사의 Illum 카메라









자료 : IT동아, 사진대신 공간을 찍는 카메라 라이트로 일룸, 2015.4.13.

- 국내에서는 2015년 4월말 출시되었고, 169만원에 판매[7)]

- 사진 한 장만 찍어도 여러 장의 사진을 찍어 편집한 듯한 콘텐츠 만들 수 있고, 동영상으로 제작하면 카메라나 캠코더로 표현하기 어려운 장면도 간편이 제작해 웨딩사진 등 특별해야 하는 사진이나 광고에 유용

- 결과물의 해상도가 일반적인 디지털카메라와 비교해 너무 낮은데, 이미지 파일로 출력할 경우 최대 해상도는 2,450 x 1,634에 불과

- 연사 속도나 노이즈 억제 등 고화질 사진 위해 필요한 고급기능 부족[8)]

표 1 Lytro Illum 카메라 사양

구분	사양
크기	86㎜×145㎜×166㎜
무게	940g
바디 재질	마그네슘, 알루미늄
그립/렌즈링 재질	실리콘
초점 거리	9.5-77.8㎜(35㎜ 환산 30-250㎜)
줌 비율	광학 8X
최대 조리개	전 구간 F2.0
최단 촬영거리	렌즈 앞 0㎜(최대 광각 시)
매크로 비율	1:03
이미지센서 타입	라이트필드 센서(CMOS기술 베이스)
라이트필드 해상도	400만 배열
센서 사이즈	1/1.2〃
ISO	80-3200
이미지 포맷	라이트필드 RAW(lfr)
화면 비율	3:2
2D 변환 이미지	2450×1634
저장 방식	SDXC/SDHC
셔터 방식	포컬플레인 방식
셔터 스피드	1/4000-32초
플래시 동조	1/250초
드라이브 모드	싱글, 연사, 셀프타이머
연사 속도	3fps
노출 모드	프로그램 ISO 우선, 셔터 스피드, 매뉴얼
틸트 액정	-10~90°

출처: 조선일보, 2015.4.2

Apple

7) IT동아, "사진대신 공간을 찍는 카메라 라이트로 일룸", 2015.4.13.
8) 조선일보, "찰나의 시간을 기록하여 언제든지 볼 수 있도록 해주는 LYTRO ILLUM", 2015.4.2.

- 2015년 이스라엘 다중 조리개 알고리즘 업체 'LinX Computational Imaging'을 인수해 듀얼 카메라 소프트웨어 기술을 확보
  - 스마트폰과 태블릿에 특화된 모바일 기기용 다초점 카메라 장치를 개발하고 있으며, 2014년 컬러 이미지 보정과 고정밀 기능을 통해 SLR 수준의 고품질 이미지를 촬영할 수 있는 모바일용 카메라를 선보임
  - 링스 카메라는 리트로 카메라처럼 촬영후 초점을 변경할 수 있으며 어두운 곳에서도 플래시를 사용하지 않고 선명한 영상을 촬영[9)]
  - 듀얼카메라는 아이폰7 플러스에 적용

링스 Light Field alc 애플 아이폰 7 플러스

링스(LINX)의 DSLR Quality and Light Field



애플 아이폰7 플러스



자료 : www.apple.com

광각렌즈와 망원렌즈로 구성된 아이폰7 플러스 듀얼카메라



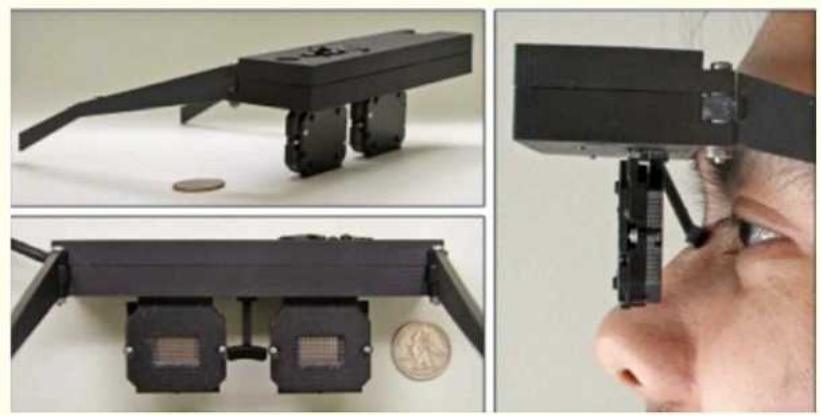
자료 : www.apple.com

9) 아이뉴스24뉴스, "애플 2천만 달러에 카메라 기술업체 인수", 2015.4.15.

NVIDIA

- 집적영상의 virtual mode 이용해 마이크로렌즈 어레이가 이미지 확대용 광학렌즈를 대체하고 초점조절 기능 부여하는 HMD 시제품 시연

Nvidia의 Near-Eye LF Display



자료 : www.nvidia.com

아리조나대

- 마이크로 프로젝트와 마이크로렌즈 어레이를 이용해 초점조절이 가능한 투시형 디스플레이 시제품 시연
  - 마이크로렌즈 어레이에 의한 공간해상도의 열화 개선, 조절 가능한 초점 범위 향상, 6 자유도(degrees of freedom) 제공을 위한 운동시차(motion parallax) 부여 등 기술개발 필요
  - Lytro Lytro Immerge 카메라와 같이 전방위 LF 영상을 고품질 공간해상도와 방향해상도로 획득 가능한 전방위 LF 카메라 개발 병행돼야

MIT 미디어랩

- 마이크로 프로젝트와 마이크로렌즈 어레이를 이용해 초점조절 가능한 투시
- MIT 미디어랩의 카메라컬처그룹(Camera Culture Group) 연구진이 개발한 'Foci` 시스템은 20메카픽셀 감지기의 단일 노출로부터 완전한 20메가픽셀 다시점 3D 영상을 만들 수 있음
  - 독특한 체크판 패턴이 인쇄된 작은 사각형 플라스틱 필름에 의존하는데,

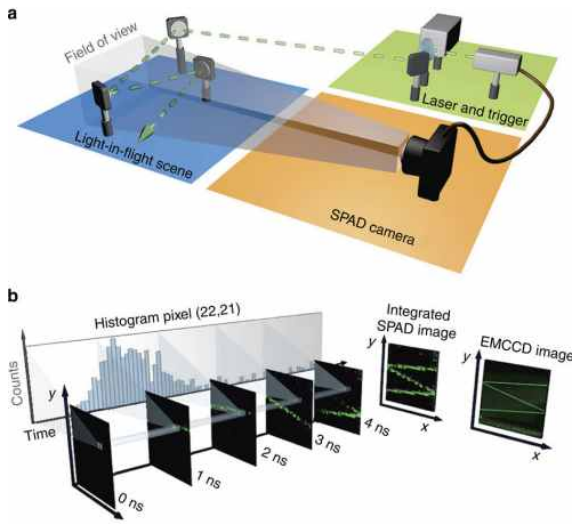
플라스틱 필름은 보통의 DSLR 카메라 렌즈 밑에 삽입되며, 나머지 일은 소프트웨어가 처리

- 라메쉬 라스카(Ramesh Raskar) 교수는 미쓰비시전자연구소와 함께 패턴이 인쇄되어 있는 플라스틱 필름과 알고리즘 기술을 이용해 매우 작은 렌즈들의 배열을 사용한 카메라의 해상도와 일치하는 해상도를 가진 광학장 카메라를 만들 수 있는 것을 입증했고, 상용 장치에 채택

  - Foci는 정사각형 조각들로 이루어진 격자로 광학장을 표현하고, 각각의 조각은 5×5 격자 블록들로 이루어져 있으며, 각각의 블록은 광학장의 121픽셀 조각 위로 서로 다른 시각을 나타내, 모두 25개 시각 찍음

  - 3D 영화에 사용되는 것과 같은 전통적인 3D 시스템들은 단 두 개의 시각만을 찍는데, 다시점 시스템에서는 관찰각도를 바꾸면 실제 세상에서처럼 물체의 새로운 특징들이 드러남

MIT Media Lab 'Foci' 시스템



자료 : www.media.mit.lab

Magic Leap

- 2010년 설립된 VR·AR 분야에서 혁신적인 기술을 보유한 기업

  - 구글, 퀄컴, KKR 등은 매직리프에 2014년 5억 4,200만 달러, 2016년 2월 알리바바와 워너브라더스, 피델리티, JP모건 등이 7억 9,350만 달러 투자

- 보유한 핵심기술인 ‘포토닉스 라이트필드(Photonics Light Field)’는 단말기에 탑재된 초소형 프로젝터로 사용자의 눈에 직접 고해상도 3D 영상을 투사해 인공 객체를 현실처럼 구현
  - 아직 제품을 출시하지 않았지만, 동종 업계 중 가장 앞선 기술을 보유[10)]

매직리프의 Photonics Light Field



자료 : www.magicleap.com

화웨이

- 스마트폰 ‘P9’과 ‘Honor 6 Plus’공개하면서 듀얼 카메라 부각
- ‘CES 2017’에서 스마트폰 아너(Honor) 6X’신제품을 발표
  - 듀얼 카메라 적용했는데, 1200만 화소와 200만 화소의 카메라가 들어가며, 200만 화소 카메라를 보조 센서로 활용
  - 직접 활용 시나리오는 조리개 심도 효과로 6X 카메라에는 조리개 모드가 있는데 두 개의 카메라를 이용해서 다초점 사진을 찍는 것

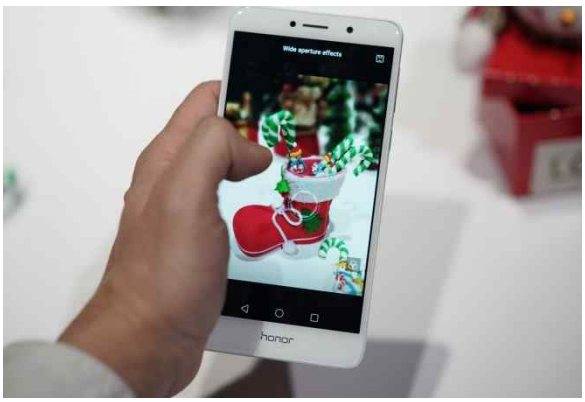
10) 이투데이, “**삼성, 매직리프와 AR 협력 초읽기**”, 2016.12.23.

- 두 개 카메라로 여러 장의 사진을 빠르게 찍고 피사체들 거리를 입체적으로 파악하면 초점이 맞은 부분은 또렷하게, 그렇지 않은 부분은 뿌옇게 처리하는데, SW로 조합해 극단적인 피사계 심도효과를 만들어냄

- ‘MWC 2017’에서 P10과 P10 플러스 출시
  - P10 시리즈는 독일 카메라업체 라이카와 공동 개발한 듀얼카메라 탑재
  - 후면 듀얼카메라 1200만·2000만 화소, 전면 카메라 800만 화소 지원[11)]

화웨이의 듀얼카메라 적용 스마트폰

‘아너 6X’



P10 시리즈



자료 : www.huawei.com

오포

- ‘MWC 2017’에서 5배 듀얼 카메라 줌 기술을 공개했는데, 카메라 모듈은 두께가 5.7㎜로 스마트폰 안에 망원렌즈 넣어 5배 줌 촬영 가능

ZTE

- 2016년 2월 스마트폰 ‘Axon’ 시리즈에 듀얼 카메라 채용하고, ‘MWC 2017’에서 액슨7 맥스를 공개했는데, 후면에 장착된 1,300만 화소 듀얼 카메라 통해 3D 사진 촬영 가능, 별도 안경 사용치 않고 3D 감상[12)]

11) 동아사이언스, “성능은 더블, 가격은 249달러 ? 아너 6X, 달라진 스마트폰 시장”, 2017.1.6.
12) http://www.semstory.com, “진격의 듀얼카메라 모듈”, 2016.10.26.

오포와 ZTE의 듀얼카메라 적용 스마트폰

오포 N3



ZTE Axon 7 Max



자료 : www.google.com

NHK

- NHK는 2013년 6월 피사체 움직임에 따라 동적 멀티 시점 영상 촬영할 수 있는 로봇 카메라 시스템(multi-view point robot camera system) 개발

- 하나의 중요한 사진기에 8개의 서브 카메라 움직임(팬, 틸트, 줌)을 ㅇ녀동시키는 것으로 모든 카메라의 주시점이 일치하도록 촬영 방향을 제어할 수 있는 방법을 사용하여 격렬한 움직임의 스포츠 중계의 결정적인 순간을 다(多) 관점 영상을 촬영할 수 있음

NHK의 다초점 로봇 카메라 시스템



자료 : www.nhk.or.jp

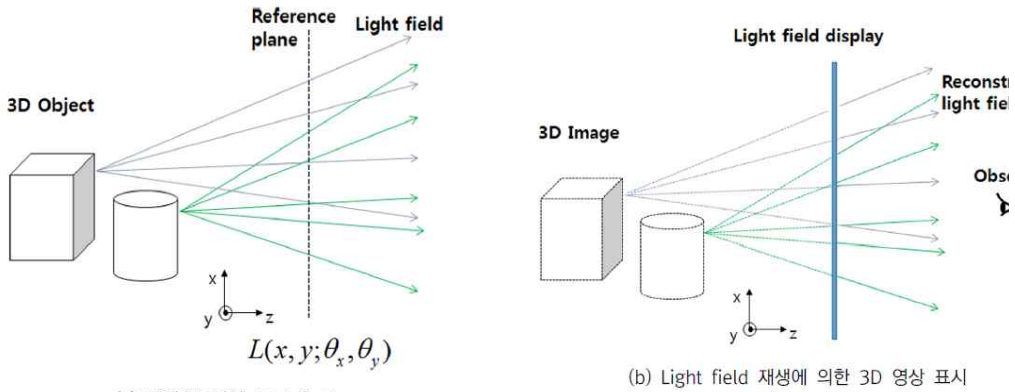
Ⅲ Light Field 디스플레이

1. LF 디스플레이

정의

- LF(Light field)는 공간상에 존재하는 광선들 분포를 의미하고, LF 디스플레이는 LF를 관측자 공간으로 재현하는 디스플레이 기술
- 특정한 면(LF 디스플레이의 스크린면)으로부터 관측자 방향으로 LF를 재현하면 실제 물체가 있었을 때와 동일한 광선들을 보게 되므로 LF가 재현 범위 내에서 물체의 3차원 영상을 관측
- LF 디스플레이 기술은 양안 시차에 의존하는 3차원 디스플레이 기술과는 달리 3차원 물체에 해당하는 LF를 재현해 전달하므로, 모든 깊이 인지 요인을 일관성있게 전달하는 이상적 디스플레이로서 가능

LF 디스플레이 개념



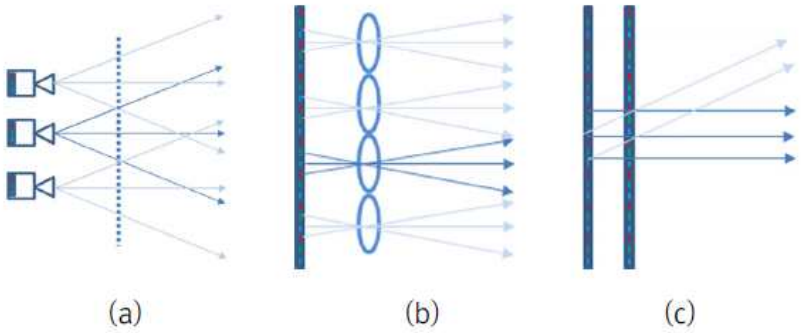
(a) 물체로부터의 light field

(b) Light field 재생에 의한 3D 영상 표시

자료 : 박재형, Light Field 디스플레이 기술, 인포매이션 디스플레이, 2015년 8월, p.24

분류

- 현재 연구되고 있는 LF 디스플레이는 ① 프로젝트 어레이, ② 렌즈 어레이와 디스플레이 패널, ③ 디스플레이 패널 적층 방식이 있음

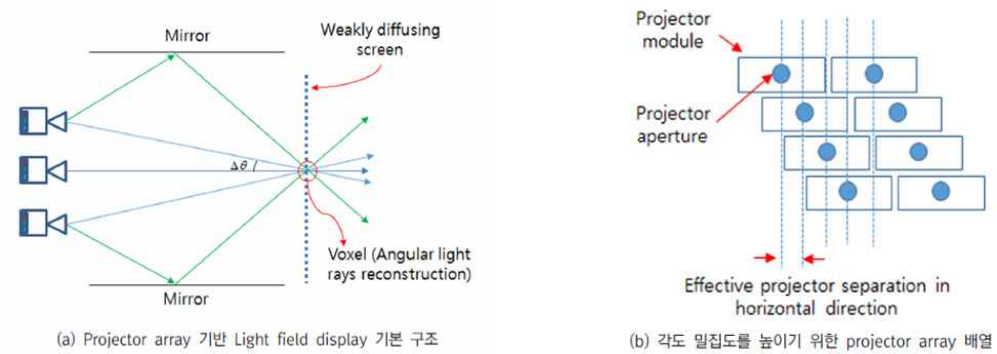


(a) 프로젝트 어레이, (b) 렌즈 어레이와 디스플레이 패널, © 디시플레이 패널 적층

자료 : 박재형, Light Field 디스플레이 기술, 인포매이션 디스플레이, 2015년 8월, p.25

프로젝터 기반 LF 디스플레이

- 다수 프로젝터를 일렬로 배열하여 수평시차 LF 디스플레이를 제작
- 프로젝터의 수에 따라 영사의 화질을 높일 수 있어 보통 100개 이상의 프로젝터들이 사용되며 수평시차만을 제공하기는 하지만, 영상의 화질과 깊이감은 상당한 수준으로 구현이 가능
- 국내에서는 KIST, 삼성전자, 서울대, 경북대, 해외에서는 일본의 NICT, 도쿄농공대 등에서 연구되고 있으며, 헝가리의 Holografika사는 상용화



(a) Projector array 기반 Light field display 기본 구조

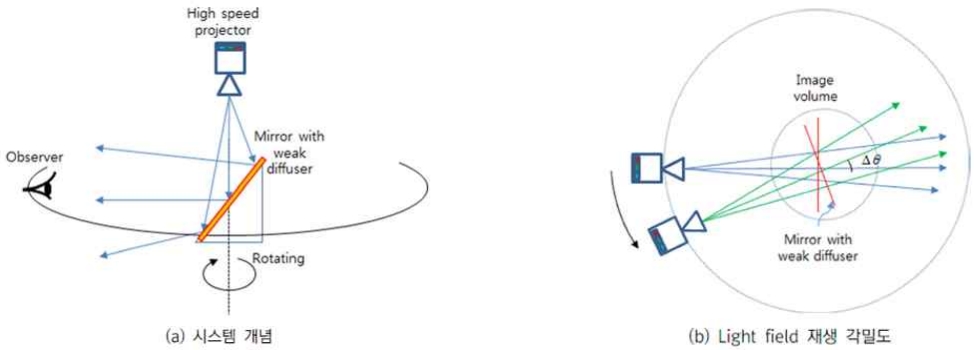
(b) 각도 밀집도를 높이기 위한 projector array 배열

자료 : 박재형, Light Field 디스플레이 기술, 인포매이션 디스플레이, 2015년 8월, p.26

고속 프로젝터 이용 기법

- 다수의 프로젝터를 사용하는 대신 하나의 고속 프로젝터를 사용하여 LF 디스플레이를 구현하는 것도 가능
  - 하나의 고속 프로젝터에서 투사된 빛을 빠른 속도로 회전하는 거울이 사용자 공간으로 반사시키고, 거울의 각도에 따라 올바른 영상을 프로젝터가 투사하면 수평 방향으로 넓은 영역에서 LF 재현이 가능
- 남가주대(USC)에서 고속 프로제터 방식으로 LF 디스플레이 구현

고속 프로젝트 이용 기법



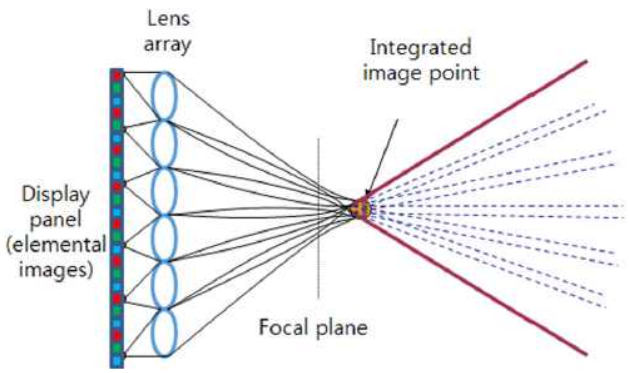
(a) 시스템 개념 (b) Light field 재생 각밀도

자료 : 박재형, Light Field 디스플레이 기술, 인포매이션 디스플레이, 2015년 8월, p.27

단일 평판 디스플레이 패널 기반 LF 디스플레이

- Integral imaging

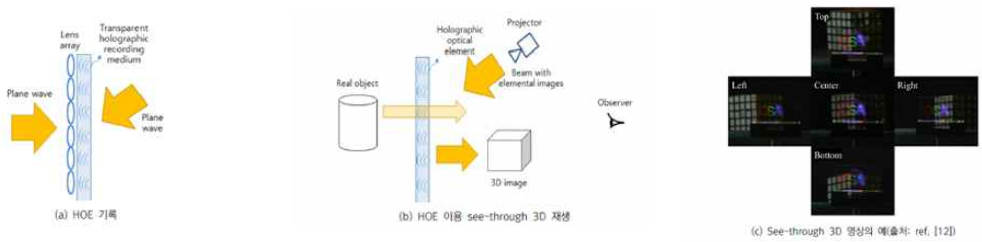
Integral Imaging 원리



자료 : 박재형, Light Field 디스플레이 기술, 인포매이션 디스플레이, 2015년 8월, p.27

- 디스플레이 패널 앞에 2차원 렌즈 어레이를 위치시켜 렌즈 어레이면에서의 LF를 재현하고, 기초 영상 집합을 표시하면 기초 영상 집합으로부터 빛들이 재생하고자 하는 3D 영상점에 수렴하여 3D 영상 표시
- 서울대, 경희대, 일본 NHK, NICT, 미국의 코네티킷대 등에서 연구
- integral imaging를 이용한 see-through LF 디스플레이 구현연구에 관심

Integral Imaging 기반 See-through Display

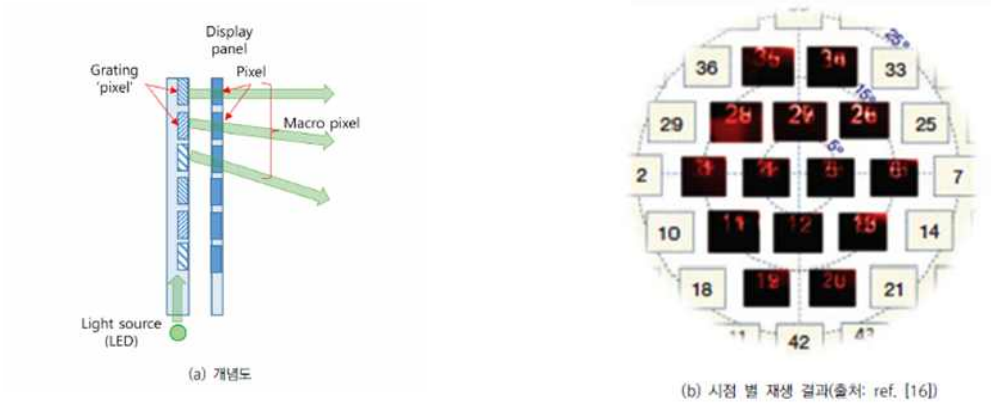


자료 : 박재형, Light Field 디스플레이 기술, 인포매이션 디스플레이, 2015년 8월, p.28

Grating array 기반 LF 디스플레이

- 일반 액정 디스플레이 패널 뒤에 서로 다른 방향으로 도광판 내의 빛을 회절시키는 grating array를 배치하고 도광판 한 쪽 끝에 있는 광원에서 방출된 빛이 grating에 의해 특정 방향으로 회절되면 그 앞에 있는 디스플레이 패널의 해당 픽셀이 그 광선의 밝기를 변조하는 방식

Granting array 기반 LF 디스플레이

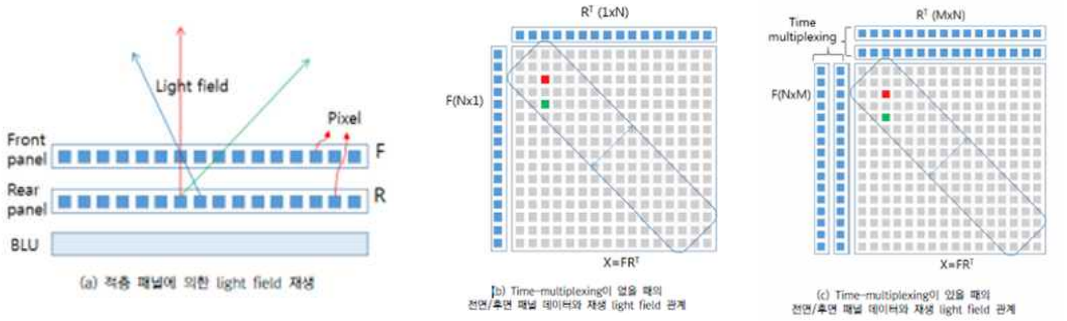


자료 : 박재형, Light Field 디스플레이 기술, 인포매이션 디스플레이, 2015년 8월, p.29

적층된 평판 디스플레이 패널 기반 LF 디스플레이

- 적층 패널을 이용한 LF 디스플레이 기술은 integral imaging이나 grating array를 이용한 기술들의 일반화된 방식
  - 투과율을 가변할 수 있는 디스플레이 패널로 광학판을 대체해 재현하고자 는 3차원 영상 콘텐츠에 보다 최적화된 LF의 재현을 가능[13)]

적층 패널 LF 디스플레이의 영상 생성 원리



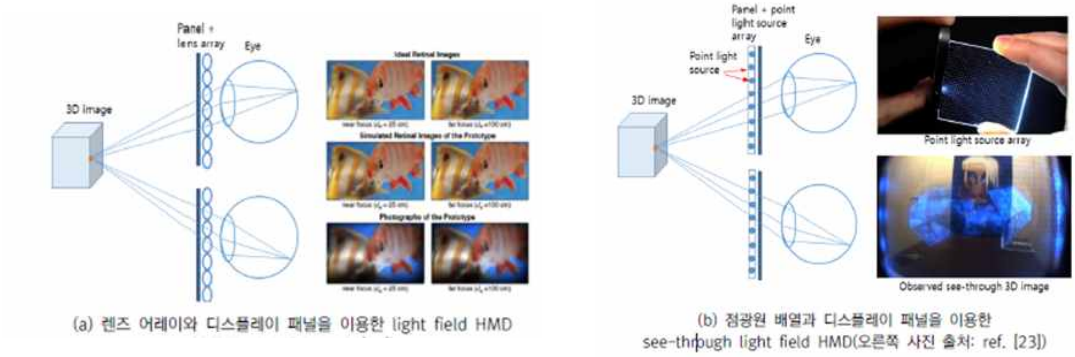
자료 : 박재형, Light Field 디스플레이 기술, 인포매이션 디스플레이, 2015년 8월, p.30

LF 디스플레이 기술의 응용

- 헤드 마운트 디스플레이(HMD)
  - 웨어러블 디스플레이와 VR, AR의 대두와 더불어 HMD의 응용이 활발
  - HMD는 광학계를 사용해 관측자의 눈에 매우 가까이 위치한 디스플레이 패널의 허상을 관측자가 편안히 볼 수 있는 편안히 볼 수 있는 거리에 형성하고 관측자가 이 허상을 보도록 함
  - 관측자의 양안에 별개의 디스플레이 패널 사용하거나 동일 디스플레이 패널의 분리된 영역을 사용해 양안 시차에 기반한 3차원 HMD 구현
  - HMD에 LF 디스플레이를 HMD에 적용하면 관측자의 각 눈의 초점 거리도 디스플레이 패널의 허상 면이 아니라 실제 표시하는 영상 거리가 되므로 올바른 accommodation 깊이 인지 요인을 관측자가 받아 장시간 관측에서도 피로감 없이 자연스러운 3차원 영상의 표시가 가능

13) 박재형, Light Field 디스플레이 기술, 인포매이션 디스플레이, 2015년 8월, pp.24-30

LF 디스플레이의 HMD 적용 사례



(a) 렌즈 어레이와 디스플레이 패널을 이용한 light field HMD

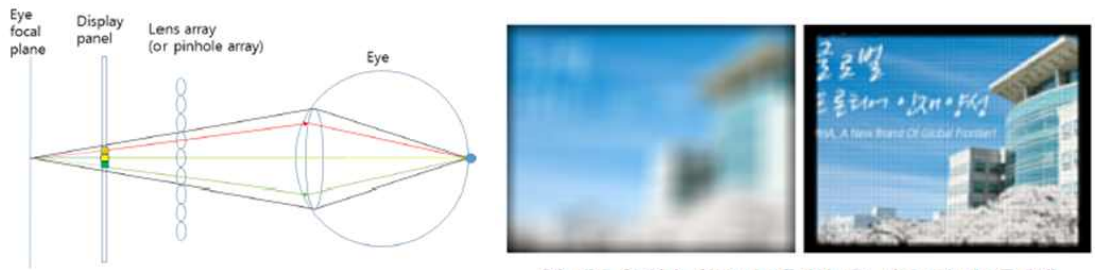
(b) 점광원 배열과 디스플레이 패널을 이용한 see-through light field HMD(오른쪽 사진 출처: ref. [23])

자료 : 박재형, Light Field 디스플레이 기술, 인포매이션 디스플레이, 2015년 8월, p.32

● 시력 보정 디스플레이

- 시력이 나쁜 사용자가 안경을 착용하지 않고도 디스플레이에서 영상을 또렷하게 볼 수 있도록 하는 디스플레이로 안경의 기능을 포함시킴
- 시력 보정 성능은 LF 디스플레이가 재현하는 광선들이 각도 간격에 매우 의존적이며 또 관측자 눈의 위치에 따라 다른 디스플레이 데이터를 계산/표시해야 하는 것이 제한요인이나 최근 활발한 연구개발로 상당부분 곧 해소될 것으로 예상[14)]

시력 보정 디스플레이



(a) 시력 보정 원리

(b) 재생 영상(좌: 일반 디스플레이, 우: 시력보정 디스플레이)

자료 : 박재형, Light Field 디스플레이 기술, 인포매이션 디스플레이, 2015년 8월, p.32

14) 박재형, Light Field 디스플레이 기술, 인포매이션 디스플레이, 2015년 8월, p.32

2. LF 3D 디스플레이

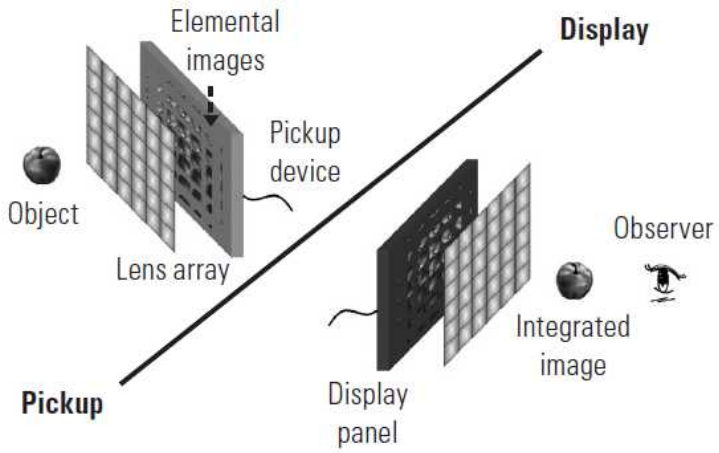
개요

- 가상의 공간에 LF를 형성하는 컴퓨터 그래픽 분야와 달리 현실 공간에 LF를 표현하고자 하며, 이러한 특성을 가질 때 시각인지 요소들도 실제 사물과 가장 비슷한 자연스러운 3차원 영상에 도달
- 대표적으로 집적 영상 방식, 부피 표현 방식, 홀로그래픽 등이 있음

집적영상방식

- 공간에 점을 렌즈어레이와 기초영상 통해 집적시켜 LF 형성시키는 방법
- 무안경식이라는 장점뿐만 아니라 연속적인 시차를 제공해 3차원 영상의 재생에 자연스럽고 수령과 수직방향 모두의 시차를 제공
  - 기초영상을 재생시키는 디스플레이가 재현할 수 있는 모든 색을 구현
- 올바른 3차원 영상을 관찰할 수 있는 시야각이 제한되어 있으며 깊이의 표현을 제한한다는 단점이 있음
  - 시야각을 넓히는 방법으로 기초영상의 영역 확대, 마스크를 이용해 주변 렌즈의 효과를 차단하는 렌즈 스위칭 기술, 곡선의 렌즈어레이 사용[15)]

집적영상 방식 3D 디스플레이 원리



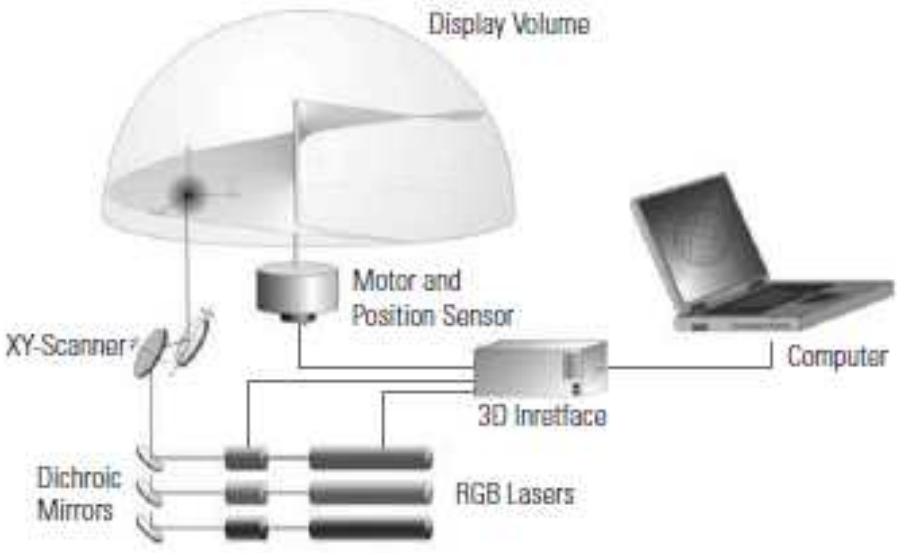
자료 : 민성욱, Light Field 3D Display, TTA Journal, 140호, 2012년 3월, p.66

15) 민성욱, "Light Field 3D Display", TTA Journal, 140호, 2012년 3월, pp.66-68.

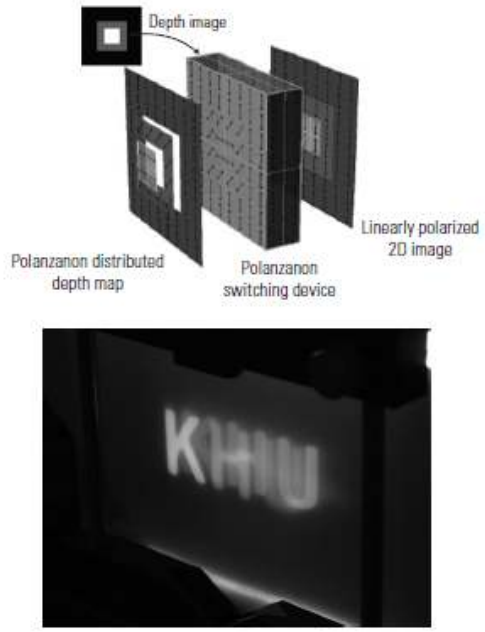
부피 표현 방식

- 넓은 LF 3D 디스플레이의 분류방식 중 가장 넓은 범주를 포함
  - 대표적 부피 표현 방식의 3차원 디스플레이는 2차원의 스크린을 적층하여 표현하고자 하는 LF를 적층 스크린에 산란시키는 방식이 있음
- 기본적으로 공간상에 직접 점을 찍는 형태의 디스플레이라 초점-수렴거리 불일치 등과 같은 시각 인지 요소는 문제가 되지 않음
- 최근에 고속 구동을 보완하기 위해 영상 정보에 깊이 지도를 편광의 형태로 싣고 편광 선택적 산란의 특성을 가지는 다층 필름을 통과시켜 3차원 영상을 재생하는 다층 깊이 융합 디스플레이가 있음
  - 공간 광변조기를 이용해 깊이지도를 편광형태로 실어주기만 하면 되기 때문에 시분할 구동에 따른 해상도의 제한 등을 해결
  - 그러나 3차원 영상의 재생 품질이 편광 선택적 필름의 성능에 좌우되기 때문에 필름의 특성 분석과 성능 개선이 과제로 남아있음

회전하는 스크린을 이용한 부피 표현 방식 3차원 디스플레이



자료 : 민성욱, "Light Field 3D Display", TTA Journal, 140호, 2012년 3월, p.68



자료 : 민성욱, "Light Field 3D Display", TTA Journal, 140호, 2012년 3월, p.68

홀로그래피

- 홀로그래피는 1947년 헝가리계 영국 물리학자 데니스 가보르가 처음 고안했는데, 홀로그래피 연구로 1971년 노벨 물리학상을 수상
  - 전자현미경 해상도를 높이는 연구 과정에서 발견한 의외의 결과
  - 빛의 파동적인 특성에 의한 간섭효과 이용해 LF를 만드는 방식으로 2가지 간섭성 광을 이용해 한 광원은 물체에 비추어 회절무늬 기록
  - 영상의 재생은 영상을 기록했던 단색광원을 다시 비추어 재생
- 홀로그래피는 빛이 가질 수 있는 파동적인 모든 특징, 세기뿐만 아니라 위상 정보를 모두 담고 있어 3차원 디스플레이에서 가장 진전된 형태
  - 양안시차 방식을 이용하는 기존 안경형과 무안경 방식 3D 기술의 최대 단점인 두통과 어지러움 문제가 없어 3D 대중화를 이끌 핵심으로 기대
- 재생 특성상 간섭을 이용하기 때문에 단파장 재생만이 가능하고 총천연색 영상을 재생할 수 없으며 처리해야 할 영상 정보량이 방대해 현재 데이터 처리 기술로는 제대로 구현되기 어려움

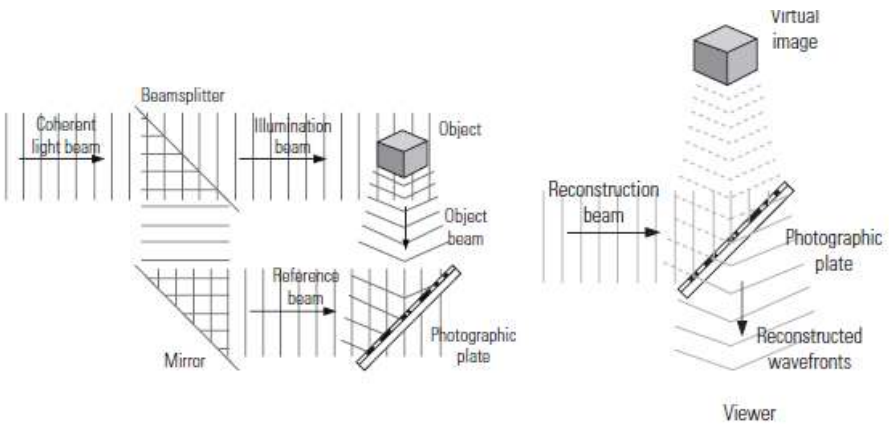
- 높은 밀도 광학계 필요하며 기술발전 미흡해 가까운 미래 상업화 곤란

● 홀로그래피를 이용해 3차원 형상 이미지 홀로그램을 만들어 내는데, 빛의 간섭과 회절현상 이용해 스마트폰을 이용해 간단히 홀로그램을 구현

- 아날로그 홀로그램은 홀로그램 필름을 기반으로 실제 영상 정보를 필름 상에 기록하고, 이를 사진처럼 재현하는 기술

- 디지털 홀로그램은 필름 대신 카메라 같은 이미지 센서 소자로 얻거나 컴퓨터로 생성한 홀로그램 정보를 디지털로 가공, 전송하는 기술

홀로그래피의 기록과 재생



자료 : 민성욱, "Light Field 3D Display", TTA Journal, 140호, 2012년 3월, p.69

● 홀로그램 디스플레이의 연구 방향

- 상용화되고 있는 스테레오 또는 다시점 3D 디스플레이와 같이 수평 방향의 시차(Parallex) 만을 제공하고 수직 시차는 포기하는 것으로 1990년대 후반 MIT 미디어랩에서 개발한 홀로그래픽 디스플레이

- 다중화 또는 병렬화 등을 통해 유효 픽셀 크기를 줄이거나, 시야각을 늘려 영상 크기를 확대하는 것으로 도쿄농공대 다카키 교수랩의 DMD 및 Calvano-mirror를 사용한 홀로그래픽 디스플레이, 서울대 curved SLM 어레이 기반 디스플레이, 영국 QinetiQ사 tiled SLM 기반 디스플레이 등

- 넓은 시야각을 포기하고 한 사람의 눈동자에 해당하는 영역(6㎜×6㎜)에서 보기에 필요한 정보만을 재현하는 것으로 MIT, 영 QinetiQ, 독일의 SeeReal, 한국의 ETRI 등에서 개발[16)]

3. 국내 개발 동향

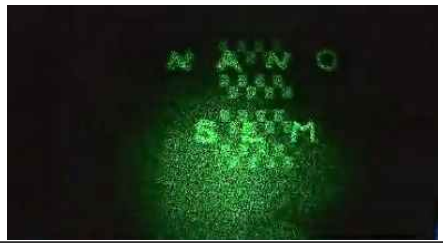
ETRI

- ETRI는 2015년 12월 360도 3D 컬러 홀로그램을 개발했는데, 빛의 회절 현상을 이용해 입체 영상을 구현하는 진정한 홀로그램 재현 기술
  - 3D 디지털 홀로그래픽 디스플레이는 빛의 회절과 간섭을 이용해 보는 시점에 따라 다른 면 영상을 볼 수 있는 완전한 3차원 입체영상 재현
  - 2013년부터 시작된 기가코리아 사업의 '디지털 홀로그래픽 테이블톱형 단말 기술 개발' 과제를 통해 개발, 고려대 등 16개 기관 참여
  - 테이블톱 홀로그래픽 디스플레이 기술은 기존 방식의 기술적 한계를 극복하는 시도로 홀로그래픽 방송이나 가상현실 가능성을 진전시킴
  - 앞으로 2021년까지 영상 화질 개선과 크기 확대 및 시스템 소형화 기술을 개발하고, 실사 영상 홀로그램을 5G 네트워크로 송수신하는 기술도 개발해 실용화할 계획[17)]
- ETRI 실감디스플레이연구그룹은 2017년 2월 상전이(相轉移) 물질을 이용해 초고해상도 픽셀 구현할 수 있는 차세대 홀로그램 개발에 성공해 홀로그램 동영상 재생이 가능한 디스플레이 패널 구현이 가능할 전망
  - 1㎛ 픽셀에 가로 세로 3cm 크기 홀로그램 영상을 상전이 물질을 이용해 구현한 기술이 ‘Scientific Reports’2017년 1월 24일자 게재
  - 반도체 메모리 소자로 연구되었던 상전이 물질(GST)을 이용했는데, 상전이 물질은 비정질 상태와 결정질 상태를 가질 수 있으며 이에 따라서 투과율과 굴절률이 변하는 물질
  - ㎛ 수준 이하의 픽셀크기로 만들 수 있으면서 빛의 위상 조절이 가능해 홀로그램 영상을 만들 수 있는데, 기존 액정 이용한 방법보다 1/4 픽셀을 작게 만들 수 있게 되면서 빛의 파장에 가까운 픽셀 크기 구현
  - 별도의 컬러 필터 공정 없이 박막 두께를 조절함으로써 투명 전극층의 두께에 따라 다양한 색상의 홀로그램 이미지 생성을 가능토록 제작[18)]

16) 민성욱, “Light Field 3D Display”, TTA Journal, 140호, 2012년 3월, p.69.
17) 아주경제, “평면 스크린서 3D 바로 본다…ETRI, 세계 최초 360도 컬러 홀로그램 디스플레이 개발”, 2015.12.3.

ETRI의 360도 3D 컬러 홀로그램 및 차세대 홀로그램 디스플레이 기술





자료 : 아주경제, 2015.12.3./아주경제, 2017.2.3.

KISTI

- 2017년 1월‘CES 2017’에서 로봇미디어연구소의 영상미디어연구단이 개발한 ‘무안경 3D 디스플레이 기술’을 공개
  - KIST는 15.6인치 모바일 3D 디스플레이에서부터 100인치급 타일형 3D 디스플레이까지 다양한 크기의 무안경 3D 디스플레이들을 전시
- KIST 김성규 박사팀이 개발한 3D 무안경 디스플레이 기술은 기존에 3D 영상을 보기 위해 필요했던 입체 안경 없이도, 광학적 노이즈 최소화 및 3D 시청영역 확대 개발 기술을 활용해 3D 영상을 제공하는 고밀도 다시점 3D 디스플레이와 초다시점 3D 디스플레이를 개발
- 입체 안경을 착용하지 않고도 홀로그램 처럼 자연스럽고 사실스러운 3D 영상을 보여 주는 초다시점 3D 디스플레이의 핵심 원천 기술 개발
  - 자연스러운 3D 영상을 볼 수 있는 무안경 3D 디스플레이 상용화[19)]

KIST의 3D 디스플레이





자료 : 전자신문, 2017.2.3

18) 아주경제, “ETRI, 차세대 홀로그램 기술 개발 성공”, 2017.2.3.
19) 전자신문, “끊임없는 노력과 인내가 기술 도약 원동력”, 2017.2.3.

삼성전자

- 2015년 12월 삼성전자는 홀로그래피 3D 프린팅 기술 핵심특허 취득
  - 3년이 넘는 기간 동안 공들여온 이 기술은 빛의 파장을 이용해 사물의 형상을 3D 홀로그램 형태로 저장하는 혁신 기술

삼성전자의 프로젝트 어레이를 이용한 LF 디스플레이



자료 : 삼성전자, 2015.12

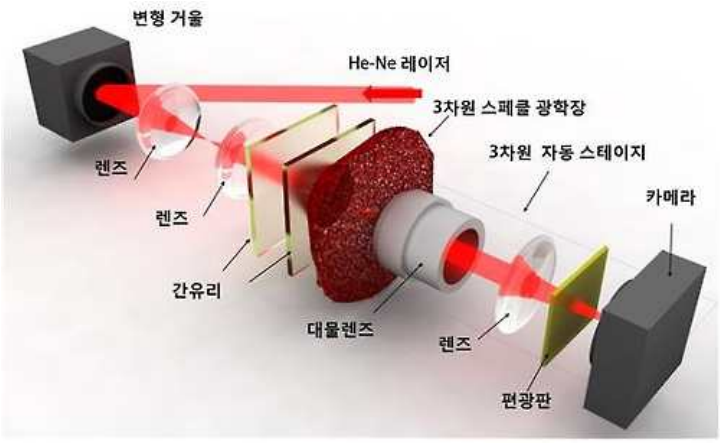
KAIST

- KAIST 물리학과 박용근 교수팀은 2017년 1월 빛의 방향을 조절해 3차원 홀로그램을 만드는 광학제어장치 성능을 수천배 높여 3차원 영상의 크기를 배 이상, 시청가능 각도를 10배 이상 확대하는데 성공
  - 3차원 홀로그램은 실제 기술로 구현하는 데는 한계가 많아 산업계는 2차원 영상 두 개로 착시 효과를 활용하는 VR과 AR에 집중
  - 3D 안경 등 특수장비 없이 볼 수 있는 3차원 홀로그램을 만들려면 빛이 퍼져나가는 방향을 정밀하게 조절하는 광학제어장치인 공간광파면 조절기로 빛의 방향을 변경해야
  - 공간광파면 조절기만 사용하는 대신 간유리를 추가로 활용해 빛을 무작위로 산란시키고 산란된 빛을 적절히 제어하는 기술로 영상의 크기와 시청가능 각도를 크게 확대

- 가로, 세로, 높이가 각각 2㎝, 시청가능 각도가 약 35도인 3차원 홀로그램을 제작하는 데 성공했는데, 기존 기술보다 공간대역폭(홀로그램 크기×시청가능각도)이 2,600배 이상 향상

- 기존 공간광파면조절기에 간유리만 추가해 제작할 수 있어 일반 디스플레이장치와 결합해 상용화가 가능할 것으로 기대되어 특수 안경 없이 볼 수 있는 실용적인 디스플레이의 기반이 될 것으로 전망[20)]

KAIST의 3D 홀로그래픽 디스플레이 모식도



자료 : 전자신문, 2017.1.24

서울대

- 공간 광변조기를 원통형 어레이로 배열해 홀로그램 복원시 시야각 확장기술 개발

- 전기정보공학부 이병호 교수 연구팀은 2016년 7월 홀로그래픽 광학소자를 이용하여 기존 디스플레이의 구조적 한계를 극복한 투명 3차원 다층 디스플레이를 개발

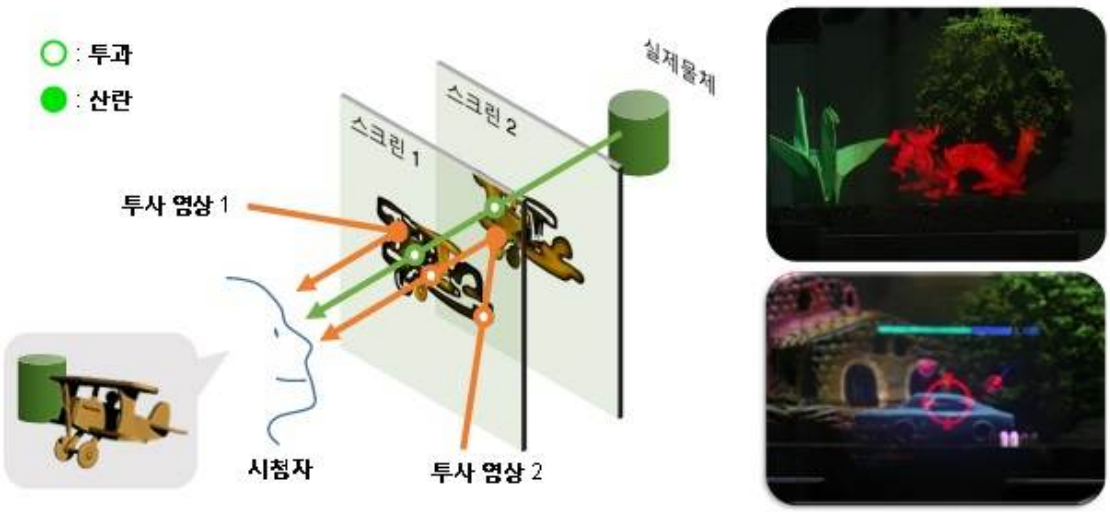
  - 다층 디스플레이는 차세대 디스플레이 기술로서, 실제 빛의 분포를 재현하여 특수 안경을 별도로 쓰지 않아도 가상으로 표현된 물체를 3차원으로 인지할 수 있게 함

  - 그러나 이는 여러 층으로 쌓아진 액정을 통해 구현되므로 낮은 투과율, 회절 문제 등 구조적 한계를 보유

20) 전자신문, "KAIST, 특수 안경 없이 볼 수 있는 3D 홀로그래픽 디스플레이 개발", 2017.1.24.

- 연구팀은 홀로그래픽 광학소자를 다층 디스플레이에 응용한 투명 3차원 다층 디스플레이를 개발했는데, 홀로그래픽 광학소자는 특정 방향으로 입사한 빛만 산란 혹은 투과시키는 선택적 산란 스크린 구현이 가능하기 때문에, 기존 다층 디스플레이의 구조적 한계로 여겨진 낮은 투과율 및 회절 문제 등을 크게 개선[21)]

서울대 이병호 교수팀의 투명 3D 다중 디스플레이



자료 : YTN, 2016.7.29

4. 해외 개발 동향

개요

- 홀로그래피는 완벽한 3D 입체영상을 구현하는 기술로, 이를 디지털화해 완벽한 3D 입체 동영상을 구현하는 연구가 세계적으로 진행되고 있으나, 기술적 한계로 아직 상용화 단계에는 이르지 못하고 있음[22)]

  - MIT나 일본 NICT 연구진도 20여 도 이내의 제한된 시청 각도에서만 관찰할 수 있는 홀로그램 시연에 성공한 바 있음

MIT 미디어랩

21) YTN, “빛 투과율 높인 3D 투명 디스플레이 개발”, 2016.7.29.
22) 민성욱, “Light Field 3D Display”, TTA Journal, 140호, 2012년 3월, p.69.

- 홀로그램 데이터 처리기술, 햅틱을 이용한 홀로그램 인터랙션 등 디지털 홀로그램 관련 기초연구 수행

- 1990년대 초 MIT 미디어 랩의 스페셜 이미징 그룹(Spatial Imaging Group)에서는 25×25×25㎣ 영상 사이즈, 초당 20프레임의 속도로 디스플레이하는 실시간 홀로그램 영상생성 시스템을 개발

MIT의 실시간 홀로그램 영상생성 시스템

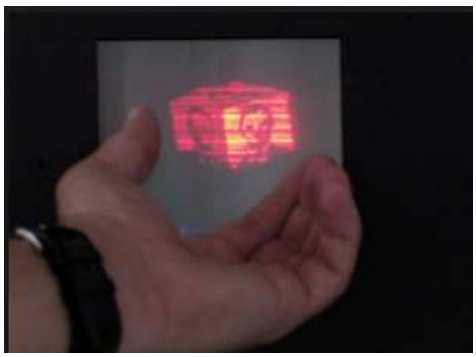


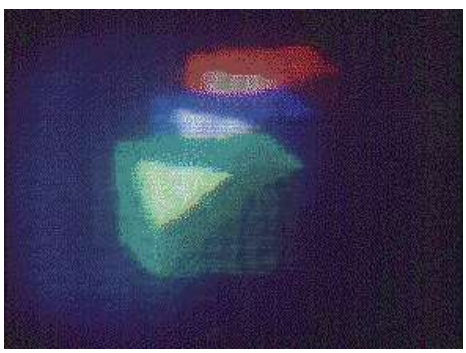
자료 : web.mit.edu

- AOM(Accuto-Optic Modulator)와 액정표시장치 등을 이용해 홀로그램 동영상 재생 시스템인 '홀로비디오(Holovideo)'를 개발

  - 다채널 광학변조기와 LCD 이용 5인치급 디지털 홀로그램 동영상 재생시스템[23]

MIT 미디어랩의 Holovideo





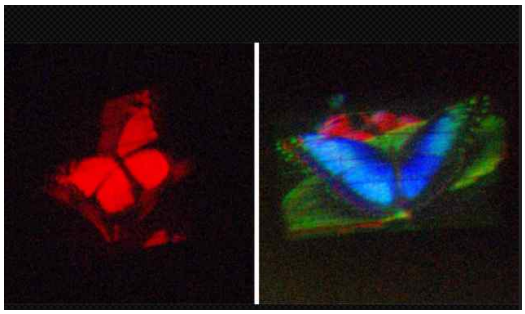
자료 : www.media.mit.edu

23) 민성욱, "Light Field 3D Display", TTA Journal, 140호, 2012년 3월, p.69.

- MIT 미디어랩 연구소는 2013년 6월 10달러의 저비용 컬러 홀로그램 프로젝터를 개발했으며, 2014년 5월에는 무안경 3D 프로젝터를 개발
  - 홀로그래픽 디스플레이는 3x2cm 크기로 평면 20도 내외서 3D 구현[24)]

MIT 미디어랩의 컬러 홀로그램 프로젝터와 무안경 3D 프로젝터

컬러 홀로그램 프로젝터



무안경 3D 프로젝터

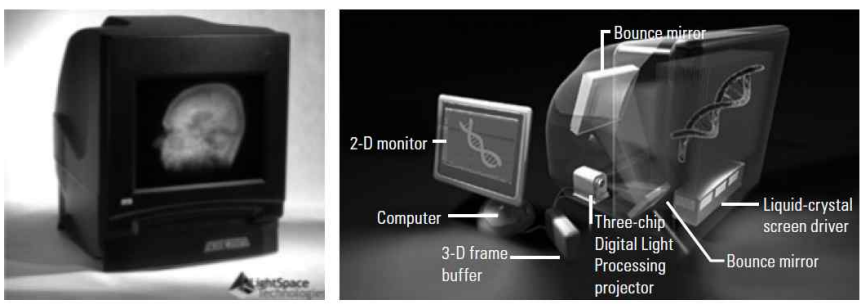


자료 : www.media.mit.edu

LightSpace

- 'Depth cube'는 부피 표현 방식의 대표적인 방식으로 2차원 스크린이 적층되어 부피 스크린을 만들고 원하는 위치에 LF를 형성할 수 있게 산란시킴
  - PDLC 스크린 여러 장을 적층하여 회로를 통해 시분할 방식으로 스크린을 구동하고 원하는 깊이에 맞는 영상을 프로젝터를 이용해 스크린에 동기화
  - 그러나 시분할로 2차원 스크린의 각 층을 표현하기 때문에 상당히 스크린과 영상의 고속 구동이 필요하다는 단점 보유[25)]

LightSpace사의 3D 디스플레이 Depth Cube



자료 : www.lightillusion.com

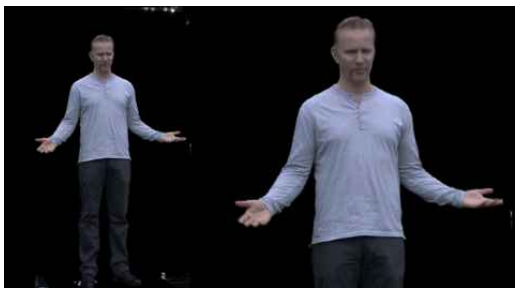
24) CCTV뉴스, "3D 홀로그램 기술개발 산업 동향", 2015.10.19.
25) 민성욱, "Light Field 3D Display", TTA Journal, 140호, 2012년 3월, p.68.

USC

- 남가주대(USC)는 2015년 8월 'SIGGRAPH 2015'에 'Automatic Projector Array for Interactive Digital Human' 기술을 발표
- 실제 사람 크기의 무안경 다시점 디스플레이를 216개 프로젝터를 활용해 135°수준의 디스플레이 시야각을 구현하고 대화형 휴먼 소개[26)]

Automotive Projector Array for Interactive Digital Human





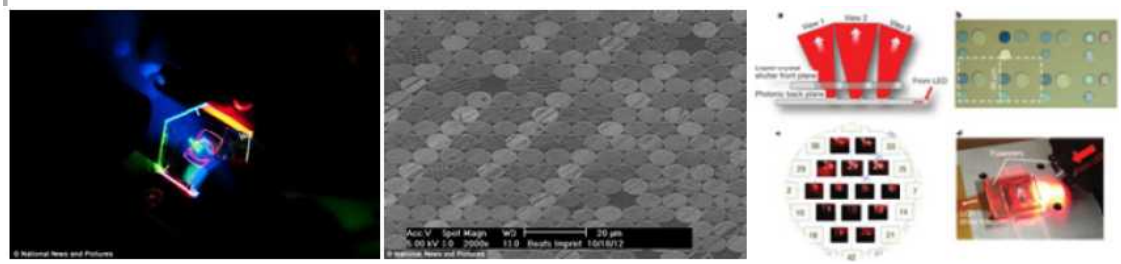
자료 : www.usc.edu

HP

- HP는 64 시점 3차원 동영상까지 구현되어 의학용 트레이닝 또는 게임 등 모바일폰에서 응용할 수 있는 기술 개발
  - 미터 거리까지도 가시거리로 180°의 시야각 영역에서 고해상도의 전체 패럴 렉스 3D 이미지 렌더링을 허용하는 다방향, 회절 백라이트 기술
- 투명 박막 평면의 광가이드에서 방사되어 광각이 넓고 다시점의 컬러로 구현되는 영상을 생성하는 발광 다이오드에 기초한 유도 파장 조명기술
  - 64 시점 백라이트에 의한 초당 30 프레임의 능동 및 수동 변조를 구현하기 위해 공간 해상도로 3D 이미지를 생성하는 간단한 잉크 마스크 또는 고해상도 상용 액정 표시장치를 사용하고, 인치당 88화소의 공간 분해능과 90°뷰 존에서 완전 운동 시차를 갖는 3차원 이미지를 생성
  - 인치당 127 픽셀의 해상도로 최대 6개의 200°시야에 대한 이미지까지 애니메이션 시퀀스를 시연하여 몇 가지 투명 휴대용 프로토타입 적용

26) USC, "Automatic Projector Array for Interactive Digital Human", SIGGRAPH 2015, 2015.8.

HP의 64 시점 3D 백라이트 디스플레이 기술



자료 : www8.hp.com

Light Blue Optics

- 홀로그램 원리를 사용한 동영상 디스플레이를 재현하고 상용화하는 홀로그래픽 레이저 프로젝터를 개발
  - 알고리즘에 의해 원하는 이미지는 홀로그램으로 변환되고, Red, Green, Blue의 레이저 광원의 빛이 순차적으로 위상 모듈레이팅된 LCOS 표면에서 회절된 패턴이 광학렌즈 L1과 L2를 거치면서 100°광각으로 투사
  - 출시된 제품으로는 터치용 프로젝터인 'Light-Touch Pico 프로젝터'와 자동차의 나이트 비전용 홀로그래픽 레이저 'HUD'가 있음
  - 아직까지는 데이터 트래픽의 영향으로 원하는 위치의 2차원 표면에 터치용 이미지를 맺히게 하거나 2차원 허상을 허공에 맺히게 하는 정도

LBO사의 홀로그램 피코 프로젝터



자료 : www.likedin.com

Ostendo Technologies

- 3D 안경 없이 3D 홀로그램 영상을 공중에 투사해주는 Quantum Photonic Imager(QPI) 칩을 사용한 초소형 프로젝터를 개발
- 스마트폰이 인치당 326 픽셀 초고해상도 3D 이미지 보여주는데, Ostendo는 최대 5,000 픽셀 초고해상도 3D 이미지 보여줌
  - QPI는 발광하기 전에 매우 좁은 각도로 빛을 평행하게 집광한 후, 서로 다른 방향으로 서로 다른 이미지를 방출할 수 있어서 3차원 이미지는 2,500 관점에서 볼 수 있음
- 작은 칩으로 100만 화소의 각각은 적색, 녹색 및 청색 마이크로 LED 층으로 구성되며, 함께 조립된 작은 실리콘 이미지 프로세서로 작동
  - 픽셀은 5-10 마이크로 미터 수준으로 각 층에 대해 전력을 변조함으로서 각각의 픽셀은 얇고 초점이 맺히는 색상의 빛을 보낼 수 있음
  - 여러 개 수직 도파관들은 각 층에서부터 빛을 보내 방향을 변조하여 마이크로렌즈 어레이가 빔을 한번 더 초점을 조절하고 빛의 방향 유도
  - 각 픽셀에 대해 이미지 프로세서는 전력을 절약하고 적은 면적 안에서 조밀하게 위치한 픽셀들에게 많은 빛을 발생

Ostendo사의 LF 디스플레이 스마트폰 적용 홀로그램



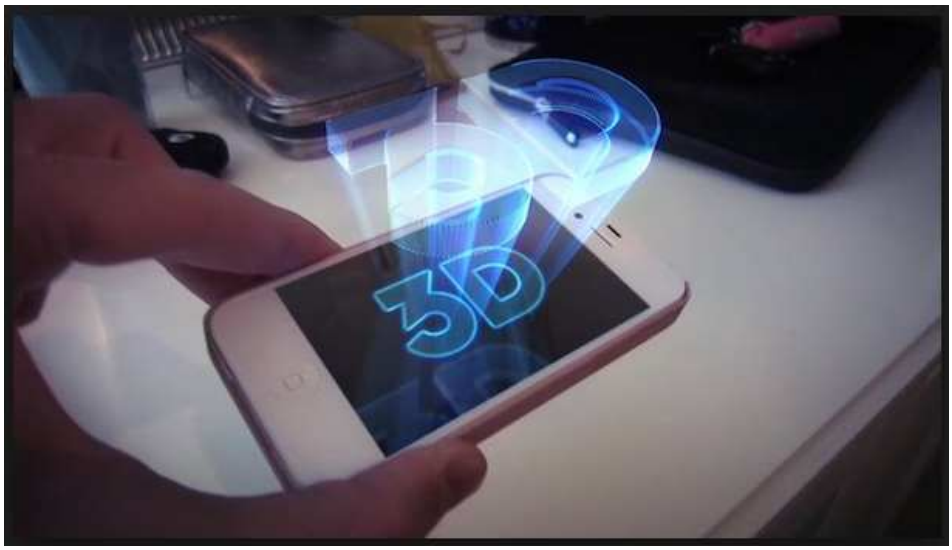
자료 : http://ostendo.com

Aplle

- 애플도 2014년부터 홀로그래피 관련 기술에 투자를 가속화
  - 애플은 레이저, 마이크로 렌즈, 센서를 이용해 3D 홀로그래피 이미지를 생성할 수 있는 디스플레이 기술에 대한 특허를 확보

- '인터랙티브 홀로그래픽 디스플레이'로 명명한 이 기술은 최종적으로는 스마트폰, 태블릿PC 등 모바일기기에서 홀로그램을 활용하는 것을 목표

애플의 3D 아이폰 홀로그래피



자료 : www.apple.com

Microsoft

- 2015년 1월 홀로그램 컴퓨팅 기기인 '홀로렌즈'를 공개
  - 헬멧 형태의 기기로 이를 통해 실사 위에 특정한 이미지를 겹쳐 보여주는 방식으로 작동하고, 다양한 센서와 고성능 칩, 윈도10이 결합한 일종의 PC로, 폰이나 별도 전원선 없이 독립적으로 작동
- 2016년 6월 대만에서 개최된 컴퓨텍스에서 VR 플랫폼인 '홀로렌즈'를 개방해 외부업체가 이를 탑재한 단말기를 개발하게 하는 계획을 발표
  - 인텔, AMD, 퀄컴, 에이서, 에이수스, 델, HP, 레노버, MSI 등 다수의 ICT, 기업이 마이크로소프트와 제휴
  - 운영체제로는 윈도10을 탑재해 스마트폰이나 PC 등 외부기기와 연결하지 않고 무선으로 사용
  - VR뿐만 아니라 AR 기능까지 결합했는데, VR 기기를 착용한 상태로 손을 사용해 가상의 물체를 조작하고 실제 물체를 3D 이미지로 스캔해 작업

- 2016년 3월 더욱 발전된 형태의 증강현실 기술 '홀로포테이션'공개
  - 상상 속 순간이동을 현실세계에서 가능하게 해주며, 원거리에 있는 상대를 3D 스캔 후 홀로그램으로 눈앞에 등장해, 시공간의 제약 없이 공동 작업이 용이해짐은 물론 멀리 떨어진 가족과의 실시간으로 대면

MS의 홀로그래피 기술

홀로렌즈



홀로포테이션



자료 : www.microsoft.com

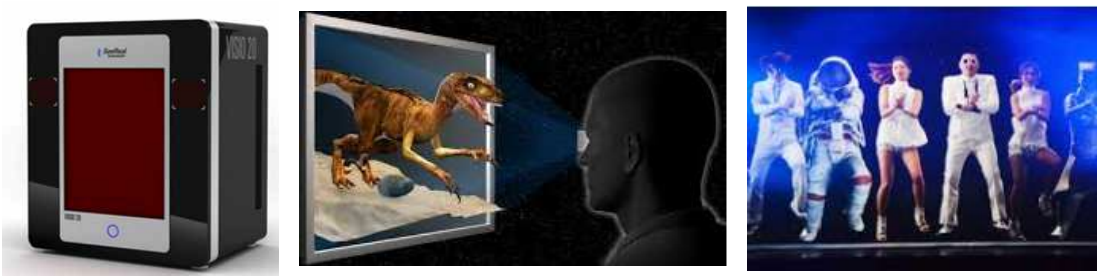
SeeReal

- 독일의 3D 디스플레이 전문업체로 독일 드레데센 공대(Technical University of Dresden)의 LCD 기술 기반 3D 디스플레이의 산업용 버전을 개발하던 과학자 그룹이 독립해 2002년 설립
- 핵심영역만을 홀로그램 영상으로 생성함으로서 영상정보의 양을 줄이는 서브 홀로그램(Sub-hologram) 기술 개발
  - SeeReal 솔루션은 시판되고 있는 평판 패널 디스플레이의 픽셀 디멘션을 기반으로 설계해 대다수 2D 콘텐츠의 스테레오 애플리케이션용의 고품질 3D 변환이 가능
  - 게임, 동영상, 전문적인 애플리케이션용으로 풍부한 오리지널의 3D 콘텐츠가 준비되어 있음
  - SeeReal 어프로치의 장점은 독자적인 앤코딩을 사용해 모든 콘텐츠를 자동적으로 리얼타임 3D 홀로그래피로 변환할 수 있어 홀로그래픽 3D 디스플레이가 기존의 평판 패널 컴퓨터 디스플레이를 대체할 전망

- SeeReal의 혁신적인 새로운 기술에 의거한 홀로그래피 3D 디스플레이는 TV 및 PC용 디스플레이 분야에서 커다란 위치를 점할 가능성 있음
- 시각 전체 내의 방향성 조명을 원활히 할 수 있는 액티브한 광선 트래킹 기능을 구비한 광학 시스템을 사용
- 일정 방향의 조명에 의한 홀로그램에서는 각각의 3D 신 포인트에 대해 실시간으로 작용해야만 스벡링그 현상을 피할 수 있음

● 세계 최초로 20인치급 홀로그래피 프로토타입 3D 디스플레이인 '비지오 20(VISIO20)'을 개발[27)]

독일 Seereal의 홀로그패픽 3D 디스플레이 'VISIO 20'



자료 : www.seereal.com

Musion Eyeliner

● 영국의 고해상도(HD; High Definition) 비디오 홀로그램 프로젝터 전문업체로 DLP 프로젝터와 투명막을 사용한 세계 최초의 유사 홀로그램 기술개발(Peppers Ghost 기술을 이용)

- 플로팅 방식 홀로그램의 원형
- single camera shoot만 필요하고, 3D 안경 등 불필요

● 구성

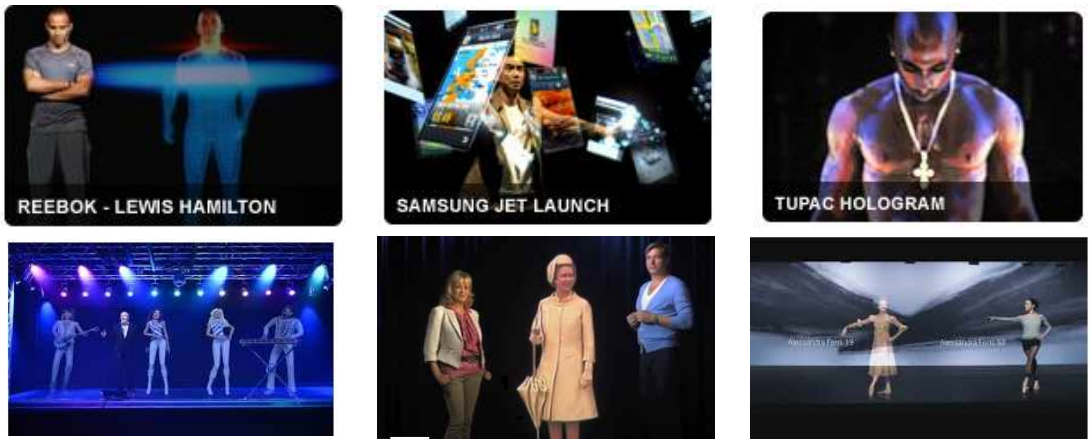
- 비디오 프로젝터(1289×1024 화소, 5000+ 루멘)
- 고품질 TFT 플라즈마 혹은 LCD 스크린 사용

27) 민성욱, "Light Field 3D Display", TTA Journal, 140호, 2012년 3월, p.69.

- 하드 디스크 플레이어(1920×1080i HD 그래픽카드), 애플이나 PC 비디오 서버, DVD 플레이어
- Musion Eyeliner 스크린 + 3D set/drapes enclosing 3 sides
- lighting & audio
- show controller(on site or remote)

● 가수 마돈나 공연, 영화 고질라, 모디 인도 총리 선거유세 등에 사용

Musion Eyeliner의 유사 홀ㄹ그램 기술



자료 : www.eyeliner3d.com

Dimenco

디멘코의 3D 무안경 디스플레이 및 3D 플레이어



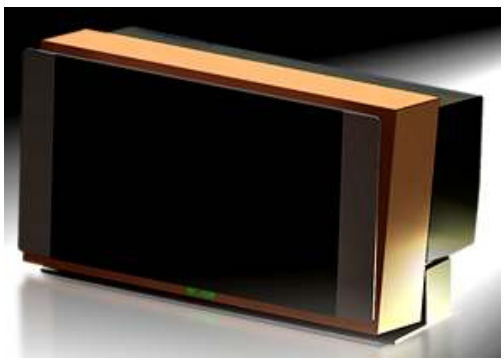
자료 : www.dimenco.eu

- 네덜란드의 3D 디스플레이 전문업체로 상용화 수준의 다시점 3D 무안경 디스플레이(8시점 64인치) 및 3D 플레이어를 개발
  - 2+Depth, Side-by-Side 영상 입력 받아 8시점 영상 콘텐츠 제시

Holografika

- 헝가리의 3D 디스플레이 전문업체로 3D LF 모니터 'Holovizio'를 출시하여 전시 및 광고형 다시점 단말의 표준을 제시
  - 다른 3D 스크린과 비슷해 보이지만 픽셀 대신 복셀(voxel) 3D 화소를 사용해 3차원적 디스플레이 방식을 완전히 바꿈
  - 각각의 복셀은 명암과 색깔의 다중 광선을 여러 각도에서 동시 투명
  - 모니터 주변에 서 있으면 고글스나 다른 입체 영상장비가 없더라도 다양한 관점에서 물체를 볼 수 있음
  - 홀로비지오는 시청자들이 마치 실제로 사물을 보는 것처럼 스크린으로 3D 이미지를 볼 수 있는 3D 시각화의 표준이 됨
- 초고화질 12인치 세로형 무안경 3D 디스플레이를 개발해 공급
  - 3D 디스플레이는 8안방식 렌티큘러 렌즈를 사용함으로써, 고화질의 입체 효과를 어지러움 증상 없이 즐길 수 있으며, 초고화질 풀HD 레티나 LCD를 적용해 작은 글자까지도 선명하게 볼 수 있음

홀로그래피카 3D LF 디스플레이





자료 : www.holografica.com

- 가로형과 세로형 콘텐츠를 모두 구동할 수 있는 360도 렌즈가 사용됐다는 장점을 갖췄고, 360도 렌즈 기술을 적용하기 위해 이 분야에서 최고의 기술을 보유한 필립스의 기술 및 특허를 활용

- 53인치급, 시야각50도 단말기로 시판되고 있는 프로젝션 타입의 다시점 단말기이나 크로스토크 및 화질, 등 보완해야할 사항들이 많아 아직은 UHD급 디스플레이에는 못 미치나 입체감, 물체의 표현력은 상당한 수준으로 해소된다면 새로운 3D 디스플레이 사장을 견인할 것으로 전망

NHK

- NHK는 2012년 픽셀 피치가 1㎛ 이하 초고해상도 홀로그램 장비 개발

  - 2020년 도쿄올림픽을 위해 8K 초고해상도(SHV) 기술을 개발하고 있는데, 2015년 6월 8K 초고해상도(Super Hi-Vision) 기술을 공개했고, 2018년부터 8K SHV TV 방송을 개시할 예정[28)]

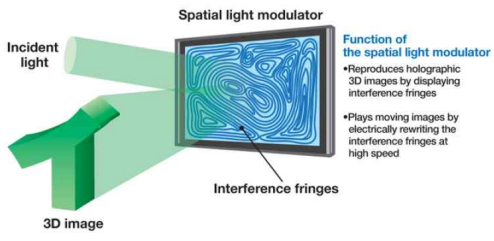
- NHK는 무안경 홀로그래픽 디스플레이 3D TV를 개발중

  - HD급 공간광변조기를 이용한 고해상도 홀로그래픽 디스플레이 개발

  - 현재 다중의 8K 패널 기반으로 확장 가능한 집적영상 방식의 3D 카메라 및 Integral 3DTV(3D 픽셀 수: 10만 픽셀)관련 장비 개발을 진행 중에 있으며, 2022년 IntegralTV(HoloTV) 방송을 계획[29)]

NHK의 Integral 3DTV와 홀로그래픽 디스플레이 3D 이미지





Reconstructed 3D moving images by using SLM

자료 : www.nhk.or.jp

28) NHK技研R&D, 多時点映像技術の概要, No.144, 2014.3.
29) 이광순 외, “Light-Field 영상획득 및 재현 기술동향”, 전자통신동향분석, 제31권 3호, 2016년 6월, p.56.

Ⅳ 정책적 시사점

Light Field의 진전

- Light Field 기술은 이미 대용량 Light Field 영상을 고효율로 압축하기 위한 논의가 MPEG 국제 표준화에서 진행
  - 모바일 LF 카메라 및 단말기가 국책사업을 통해 개발되고 있어 향후 LF 기술은 차세대 실감미디어 서비스를 위한 기반기술이 될 전망[30)]
- LF(Light Field) 기술은 대형 디스플레이에서 시작돼 모바일 단말, HMD 등으로 적용이 확산되고 있음
  - 국내에서는 앞으로 현재 듀얼카메라를 적용하고 있는 스마트폰뿐 아니라 CCTV, HMD, 영상카메라 등에 적용이 확대해야
- LF카메라의 VR 서비스 활성화
  - HMD 및 투시형 디스플레이를 사용자 친화적으로 개선 필요
  - 경량으로 시각피로가 없이 몰입감을 극대화할 수 있는 기능의 구현
  - LF기술 VR에 접목 시도가 기초연구 차원에서 진행되다 시제품 제작

Light Field 디스플레이

- **Light Field 디스플레이는 시점 영상들을 시청자의 양안에 투사하는 기존의 3D 디스플레이 기술들과는 달리 3차원 물체로부터 시청자 공간으로 오는 광선들의 위시 및 각도 분포를 재현함으로서 3D 영상을 표현**
  - **accommodation 등 모든 깊이 인지요인을 일관되게 시청자에게 제공하여, 기존 3D 디스플레이가 갖고 있던 피로감, 불연속적인 운동 시차 등의 문제를 해결하고 자연스럽고 편안한 3D 영상의 표현을 가능**
  - **Light Field를 재현함으로써 시청자의 초점 조절(accommodation) 반응을 이끌어 낼 수 있다는 점에서 Light Field 디스플레이는 매우 매력적이며, 증강현실(AR) 등이 응용에 필수적인 기술로 발전할 가능성**

30) 이광순 외, “Light-Field 영상획득 및 재현 기술동향”, 전자통신동향분석, 제31권 3호, 2016년 6월, p.58.

- Light Field 디스플레이 기술에 대한 지속적인 연구개발을 통해 현재의 여러 문제점들이 해결되어 많은 사람들이 편안하고 현실감있게 콘텐츠를 즐길 수 있는 높은 차원의 디스플레이가 실현돼야[31]

- Light Field 3D 디스플레이는 기존에 없는 완전히 새로운 3차원 디스플레이가 아니라, light field가 실제 공간에서 구현되어 시각 인지적인 요소에 문제가 있는 가장 자연스러운 디스플레이 범주에 속함
  - 시중에 출시된 3D 디스플레이가 상당한 진전을 이룩했지만 시청자들의 인지적인 요소에서 한계를 노정
  - Light Field 3D 디스플레이는 현재의 안경식 3D 디스플레이가 가지는 양안시차뿐만 아니라 시각 인지적인 요소도 자연스럽게 보완해줄 수 있기 때문에 앞으로 3D 디스플레이를 이끌어 갈 수 있을 것으로 전망[32]

Light Field 3D 디스플레이의 광학적 문제 해결

- 초다시점에서의 입체영상 점의 흐려짐(Crosstalk), 초다시점에서의 단안 조절 정보 노이즈의 발생(Crosstalk 및 시역 형성용 Beam shape에 따른 문제), 초다시점 시점수의 구현(모바일 초다시점 구현, 대형 초다시점 구현) 등의 문제가 해결돼야[33]

홀로그래픽 등 KF 3D 디스프레이의 개발이 필요

- 현실공간에 LF를 표현해 실제 사물과 가장 비슷한 자연스러운 3D 영상을 구현해 MIT 미디어랩, Apple, Microsoft, NHK 등이 신제품을 잇따라 출시
- 우리도 대학, 연구소와 기업들이 기존 3D 디스플레이 연구뿐만 아니라 홀로그래픽 등 LF 3D 디스플레이 개발이 필요
- 리얼-3D 입체영상 산업은 디지털 홀로그래피 생성기술과 디지털 홀로그래픽 콘텐츠 처리기술이 적용된 실감 영상 미디어 시대를 촉진하게 될 것
  - 세계 최고 수준의 국내 디지털 콘텐츠 기술력을 적극 활용함으로써 글로벌 시장 창출에 큰 역할을 담당할 시기가 도래

---

31) 박재형, “Light Field 디스플레이 기술”, 인포매이션 디스플레이, 제16권 4호, 2015년 8월, p.33.
32) 민성욱, “Light Field 3D Display”, TTA Journal, 140호, 2012년 3월, pp.69-70.
33) 김성규, “초다시점 단말기술”, 한국과학기술원, 2014.6.24, p.15.

※ 참고문헌

김성규, “반응형 무안경 방식 3D 디스플레이 기술”, 인포매이션 디스플레이, 제14권 3호, 2013년 6월

김성규, “초다시점 단말기술”, 한국과학기술원, 2014.6.24.

동아사이언스, “성능은 더블, 가격은 249달러 ? 아너 6X, 달라진 스마트폰 시장”, 2017.1.6.

민성욱, “Light Field 3D Display”, TTA Journal, 140호, 2012년 3월

박재형, “Light Field 디스플레이 기술”, 인포매이션 디스플레이, 제16권 4호, 2015년 8월

박재형, “3차원 디스플레이 기술”, 컴퓨터정보통신연구, 제20권 2호, 2012.10.

이광순 외, “Light-Field 영상획득 및 재현 기술동향”, 전자통신동향분석, 제31권 3호, 2016년 6월

호요성, “다시점 카메라와 깊이 카메라를 이용한 3차원 실감방송 콘텐츠 제작”, 전자공학회지, 재38권 2호, 2011년, 2월

호요성, “다시점 3차원 영상의 획득 및 기술”, 전자공학회지, 제40권 3호, 2013년 3월

KISTI 미리안, “간단한 다시점 3D 사진술”, 글로벌동향브리핑, 2013.7.4.

아시아경제, “홀로그래피 영상으로 뇌질환 연구”, 2016.8.18.

아이뉴스24뉴스, “애플 2천만 달러에 카메라 기술업체 인수”, 2015.4.15.

아주경제, “평면 스크린서 3D 바로 본다…ETRI, 세계 최초 360도 컬러 홀로그램 디스플레이 개발”, 2015.12.3.

연합뉴스, 3차원 홀로그래피 디스플레이 성능 수천배 향상 기술 개발, 2017.10.24.

이데일리, “나무가 인텔 3D 리얼센스 모듈 매출 본격화”, 2016.6.26.

이투데이, “삼성, 매직리프와 AR 협력 초읽기”, 2015.4.2.

조선일보, “찰나의 시간을 기록하여 언제든지 볼 수 있도록 해주는 LYTRO ILLUM”, 2015.4.2.

CCTV뉴스, “3D 홀로그램 기술개발 산업 동향”, 2015.10.19.

CIO, “기대화 현실의 간극 리트로 카메라 써보니”, 2012.3.30.

Designpot, “촬영은 즉각적으로 초점은 나중에 맞추는 Lytro Light Field 카메라”, 2011.10.21.

EBM, “두개의 눈 듀얼 카메라 매력에 빠진 스마트폰”, 2016.9.1.

IT동아, “사진대신 공간을 찍는 카메라 라이트로 일룸”, 2015.4.13.

IT World, “애플이 스마트 글래스를 만들 수 밖에 없는 이유”, 2017.1.24.

http://www.semstory.com, “진격의 듀얼카메라 모듈”, 2016.10.26.

NHK技研R&D, 多時点映像技術の概要, No.144, 2014.3.

Evan Ackerman, “4-D Light Field Displays Are Exactly What Virtual Reality Needs“, August 14, 2015.

Ryan Damm, “What is a light field camera, and what isn’t? An in-depth,look”, https://uploadvr.com, November 4, 2015

Steve Cooper,“What is Light Field?”, Light Field Science, November 2015.

USC, “Automatic Projector Array for Interactive Digital Human”, SIGGRAPH 2015, August 2015.

http://graphics.stanford.edu/projects/lightfield,“Light fields and computational photography”

http://hci-lightfield.iwr.uni-heidelberg.de, “4 Light Field Database(HCI; Heidelberg Collaboratory for Image) Processing“

http://web.media.mit.edu, “Synthetic Light Field Archives“

http://www.fxguide.com, “Light fields - the future of VR-AR-MR(By Mike Seymour, May 26, 2015

http://www.wikepedia.org, “Light Field“

저자소개

전황수 ETRI 미래전략연구소 기술경제연구본부 기술경제연구그룹
책임연구원
e-mail: chun21@etri.re.kr Tel. 042-860-5115

다초점 Light Field 기술 동향 분석

발 행 인 : 한 성 수

발 행 처 : 한국전자통신연구원 미래전략연구소 기술경제연구본부

발 행 일 : 2017년 12월

ETRI 한국전자통신연구원
미 래 전 략 연 구 소

34129 대전광역시 유성구 가정로 218
전화 : (042) 860-5115, 팩스 : (042) 860-6504

* 주의 : 본서의 일부 또는 전부를 무단으로 전제하거나 복사하는 것은
저작권 및 출판권을 침해하게 되오니 유의하시기 바랍니다.