2021 디스플레이 챌린지 'Technology' 제안서

HoloBeam

작성자	조영진, 유동헌, 김숙현
소속팀 / 상위부서	서울대학교
작성년월일	2021.08.30

01 아이디어 배경

02 기술 개요

03 구현 방법

04 기타

대화면 디스플레이의 수요
폭발적으로 성장 중

01
옥외 광고판
Digital Signage

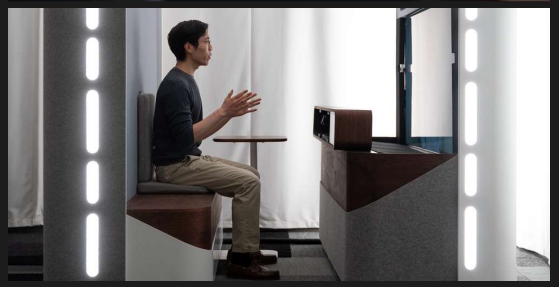
[출처] https://www.yna.co.kr/view/AKR20200523050600003

[출처] https://www.sixteen-nine.net/2020/10/09/another-anamorphic-led-public-art-board-surfaces-this-one-in-china/

02
비대면 미팅
Virtual Meeting/Conference

[출처] https://www.encore-anzpac.com/benefits-of-video-conferencing-discover-meetings-without-borders

03
비대면 화상통화
Video Call



[출처] https://blog.google/technology/research/project-starline/

하지만, 현재 대화면 디스플레이는

대부분 2D

만약, 대화면 디스플레이가

3D로 바뀐다면?

01 광고 효과 및 집중도 상승 ↑

02 몰입감과 현실감 상승 ↑

03 사람들의 주목도 상승 ↑

대화면 3D 디스플레이 설치 사례

2019, 서울역과 종합운동장역

시민들 설문조사 결과 (MBC뉴스)

대화면 3D 디스플레이가
사람들의 **주목** 및 **집중도**를
끌어올릴 수 있다는 것을 **확인**

MBC 뉴스 (2019.06.20) https://www.youtube.com/watch?v=a4hjeMdowSk

Technology

지금까지 상용화 혹은 상용화를 발표한 대화면 3D 디스플레이 기술

모두 Light field display 기법을 사용함

01
Project Starline
Google

[출처] https://blog.google/technology/research/project-starline/

02
Looking Glass
Looking Glass Factory

[출처] https://www.youtube.com/watch?v=Dx3jbs-eEwY

03
246 Inch Autostereoscopic 3D display
Overdigm

[출처] https://www.youtube.com/watch?v=1FpJYi1unRw&t=56s

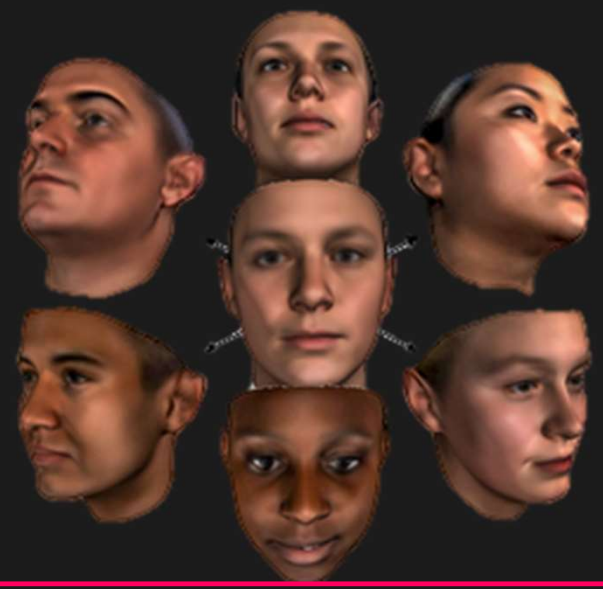
기존 2D Display

한 방향에서 바라본 얼굴만을 표시하면 됨

[출처] https://www.artstation.com/artwork/v16m5d

Light Field Display

여러 방향에서 바라본 얼굴 정보를 알아야 함



표현에 필요한 정보량이 너무 많아짐

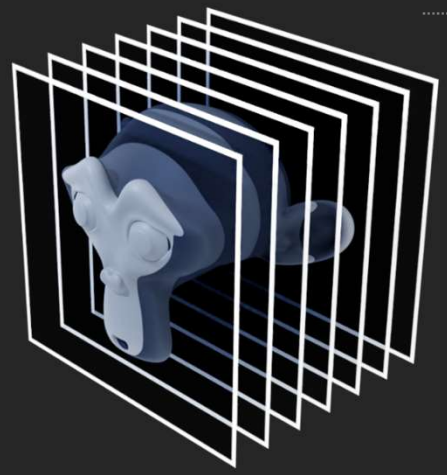
[출처] https://www.sciencemag.org/news/2017/05/computer-scientists-have-created-most-accurate-digital-model-human-face-here-s-what-it

주요 Light Field Display의 구현 방식

01

다초점면 디스플레이

빠른 구동속도를 갖는 장치를 이용해 다수의 면을 구성하여 입체 영상을 구현



다초점면

깊이에 따라 단층으로
절단된 영상 정보

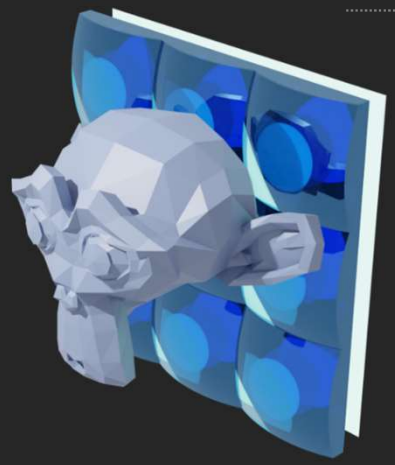
높은 해상도

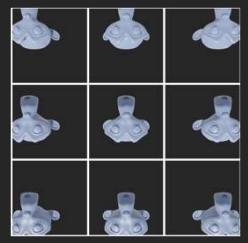
대화면 어려움

02

집적영상 디스플레이

초고해상도 패널과 잠자리 눈을 본뜬 렌즈 배열을 통해 입체 영상을 구현





요소 영상

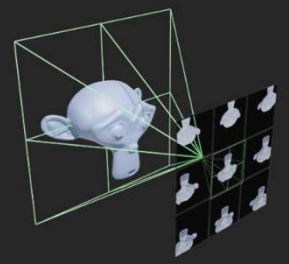
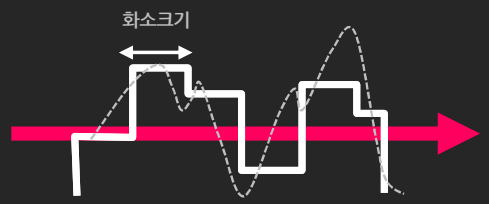
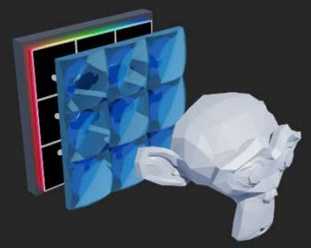
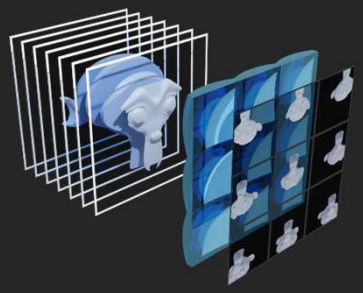
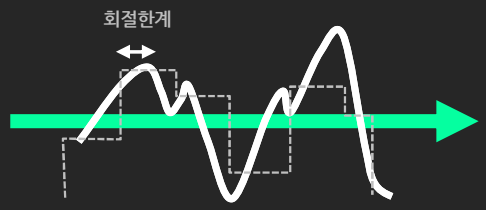
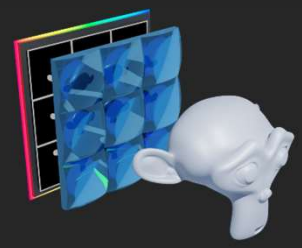
여러 방향에서 바라본
영상의 입체 정보

대화면 가능

낮은 해상도

두 기술을 결합하여 **높은 해상도**의 **대화면 시스템** 구현하고자 함

HoloBeam

	요소영상 획득 방법	정보 전달 방법	입체 영상 재생 방법	
기존 기술	 3D 카메라 혹은 렌더링을 통해 제한된 해상도의 요소영상 획득 **화소 크기 해상도 (~수백 um)**	 컴퓨터를 통한 디지털 정보 전달 **디지털 프로세싱 필요**	 디스플레이를 통한 입체영상 재생 **Megapixels 수준의 정보량**	해상도가 낮음
제안 기술	 다초점면 디스플레이에서 렌즈를 사용하여 요소영상 획득 **회절 한계 해상도 (~수 um)**	 투사 렌즈를 통한 광학적인 정보 전달 **아날로그 정보 보존**	 광학적 투사를 통한 입체영상 재생 **Gigapixel 수준의 정보량**	해상도가 높음

서로 다른 시스템의 광학적인 결합

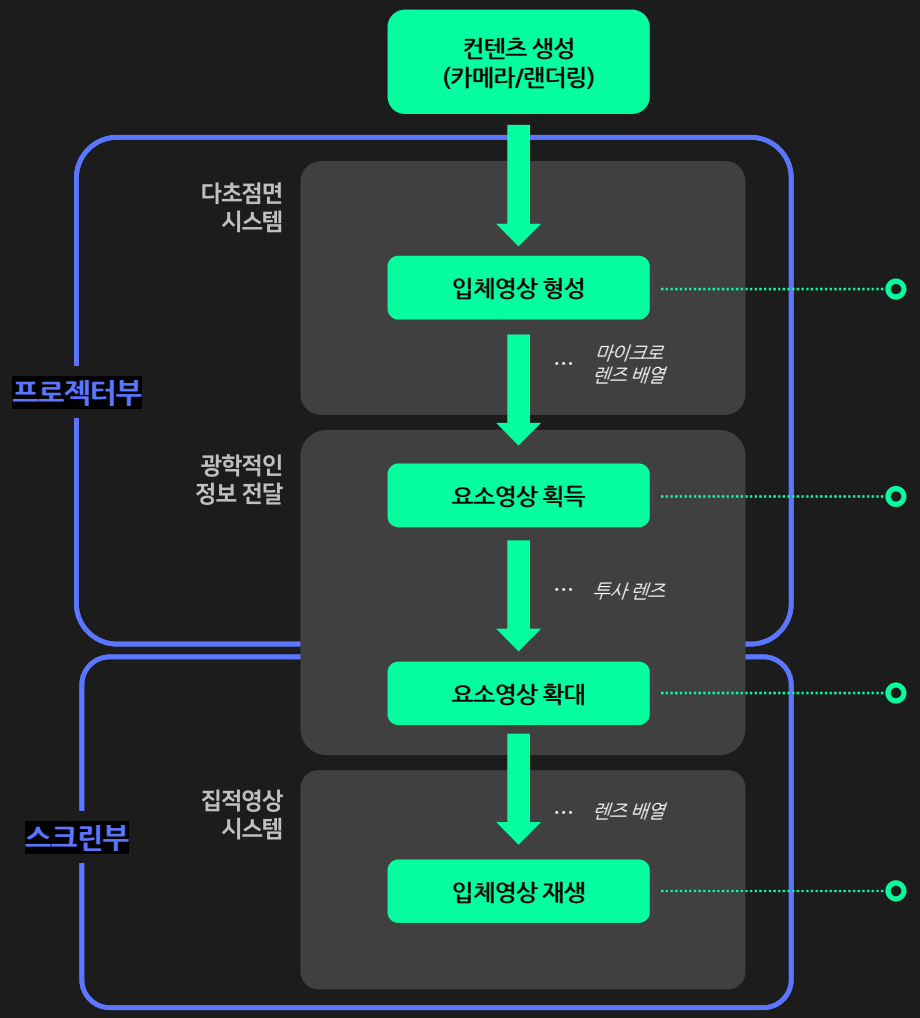
다초점면으로 3차원 입체 영상을 만든 후, 광학적으로 요소영상 형성

- 회절 한계 수준의 초해상도 시스템 달성
- 프로젝터 형태로 구현하여 대화면 투사에 용이

System overview

각 시스템의 장점을 효과적으로 이용

- 고해상도 요소영상은 다초점면 방식으로부터 획득
- 대화면 입체영상은 집적영상 방식으로 구현



고속 동기화와
시분할 기술로 다초점면 구현

광학계를 통해 다초점면에서 집적영상으로 정보 변환
→ Gigapixel 수준의 정보 획득

영상 투사를 통해 대화면과
다양한 어플리케이션에 적용이 가능

초고해상도 패널과 동등한 퀄리티의
입체영상 재생

컨텐츠의 RGB 및 깊이 정보 획득

색상/깊이 카메라 혹은 컴퓨터 렌더링을 통한 RGB-Depth 영상 획득

- 기존 색상 정보에 더해 깊이 정보(8-bit)를 추가로 필요
- RGB-Depth 영상을 깊이 반영된 다초점면 데이터로 정보 변환

화상 미팅

RGB 카메라

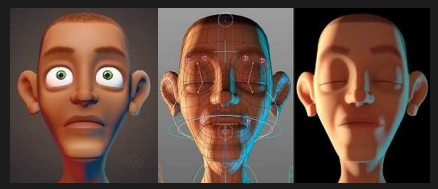
Logitech C920 webcam

깊이 카메라

Intel® RealSense

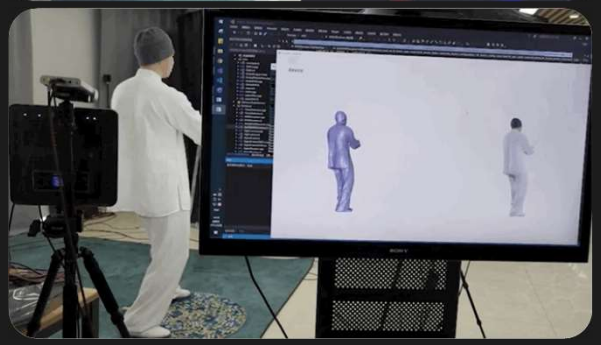
엔터테인먼트

컴퓨터 그래픽 렌더링



[출처] https://www.artstation.com/artwork/3kowv

RGB-D 획득



[출처] https://blog.google/technology/research/project-starline/

[출처] https://www.youtube.com/watch?v=-rWUn4fEQNU

다초점면 정보로 변환

3차원 물체

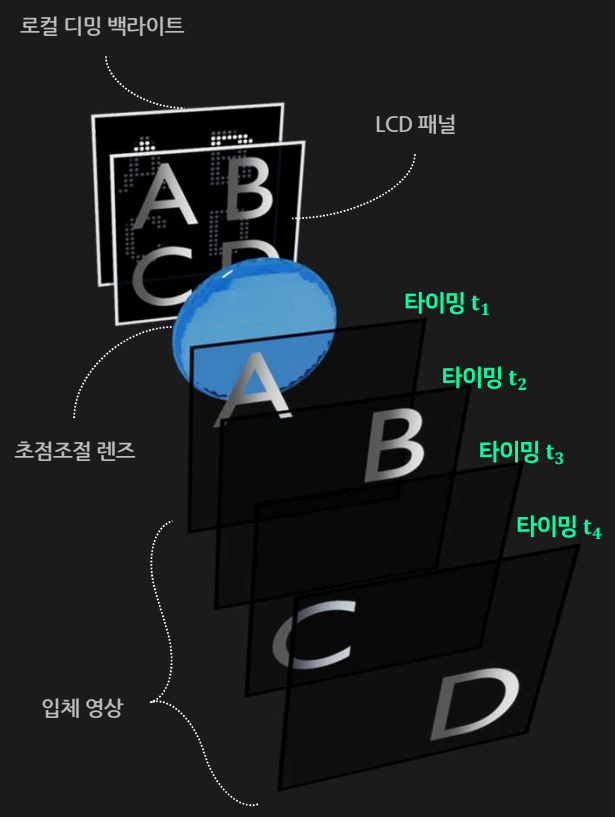
2차원 물체 Slice

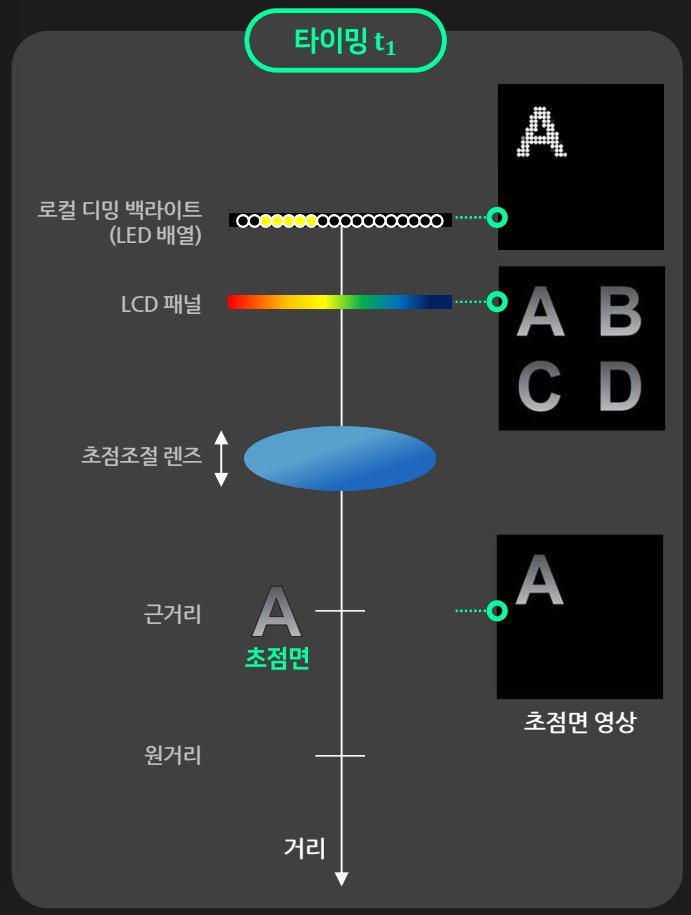
[출처] https://www.shapeways.com/blog/archives/17972-shapeways-launches-svx-voxel-file-format-for-3d-printing.html

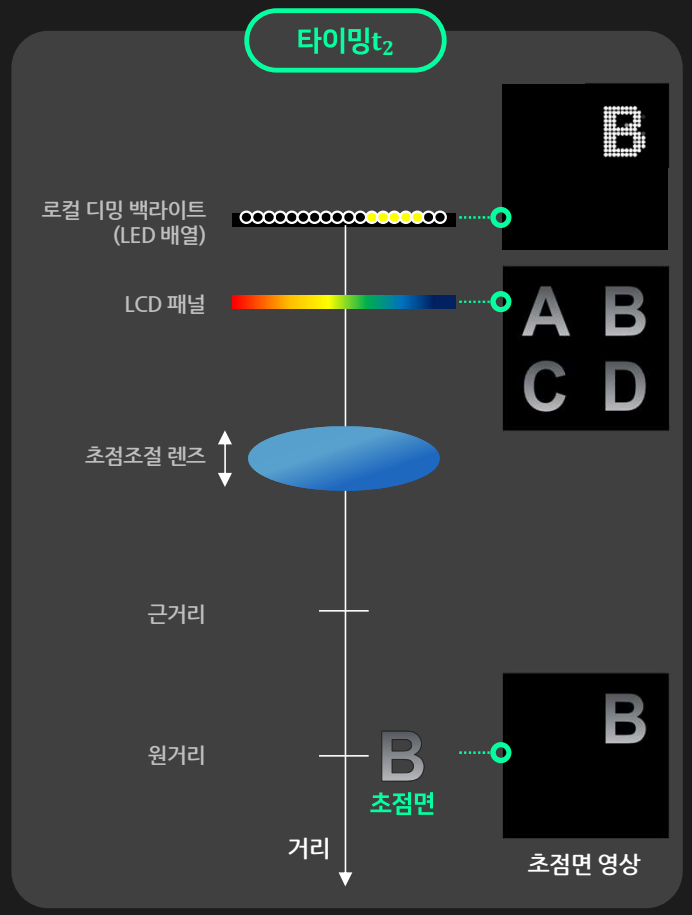
시간분할 방법을 통한 고해상도 다초점면 형성

초점 조절 렌즈와 로컬 디밍 백라이트간 동기화를 통해 입체영상 구현

- 높은 휘도, 빠른 구동속도를 갖는 LED 배열 구조의 로컬 디밍 백라이트를 사용
- 60 Hz의 속도로 수십 개의 초점면을 형성
- 추후 micro-LED를 도입하여 LCD 패널 및 LED 백라이트를 대체 가능



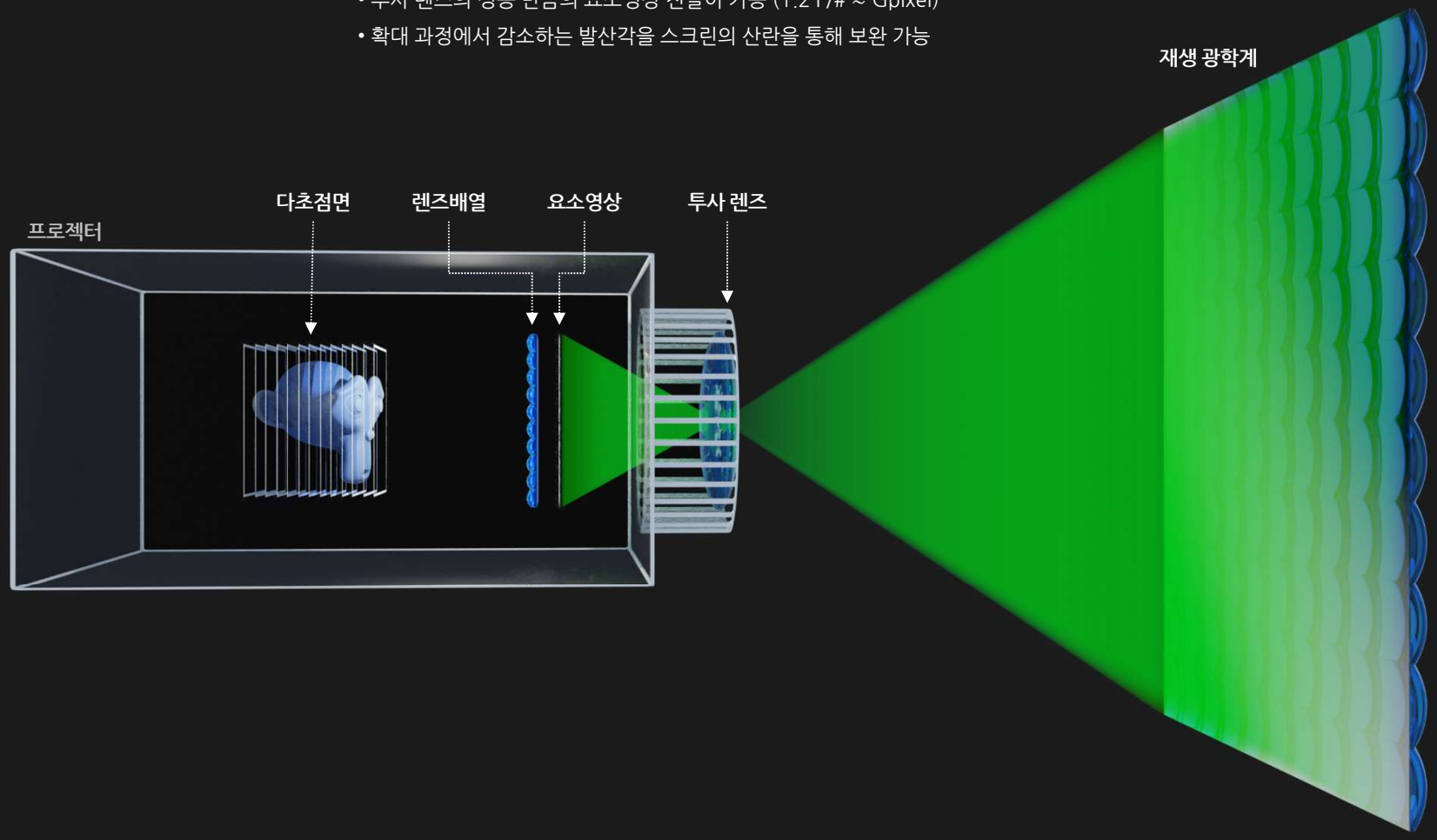


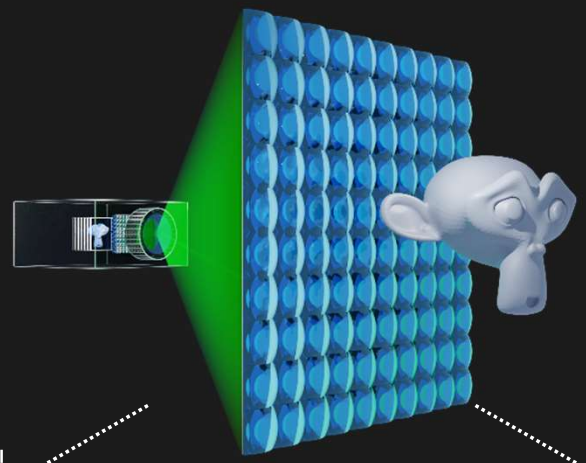


광학계를 사용하여 요소영상 획득 및 확대

입체 영상 재생을 위해 투사 렌즈의 초점면에 재생 광학계를 위치

- 투사 렌즈의 성능 만큼의 요소영상 전달이 가능 (1.2 F/# ≈ Gpixel)
- 확대 과정에서 감소하는 발산각을 스크린의 산란을 통해 보완 가능





비대면 회의

외부 카메라로 RGB-Depth 영상을 실시간으로
획득하여 3차원 비대면 회의를 진행

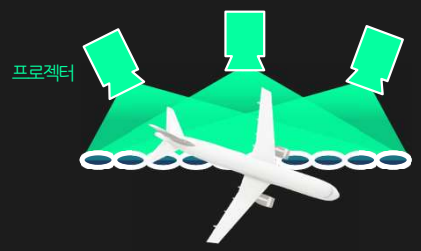
다중 투사 시스템

릴레이 시스템

전면 투사 시스템

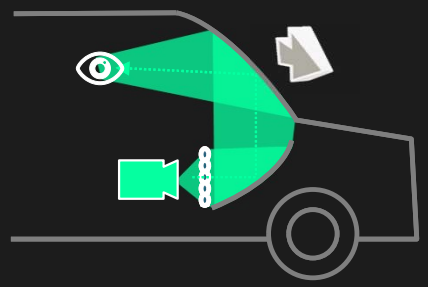
디지털 옥외 광고판

다수의 프로젝터를 직접 투사하여
입체 영상의 해상도 및 시야각의 확장이 가능



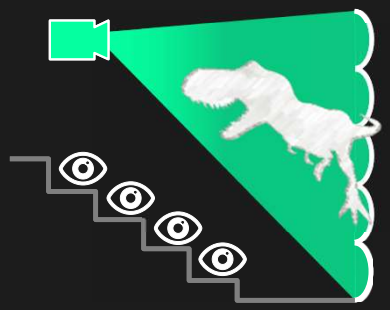
자동차 헤드업 디스플레이

넓은 시청 영역을 갖는 3차원 영상 제공



무안경 3D 영화관

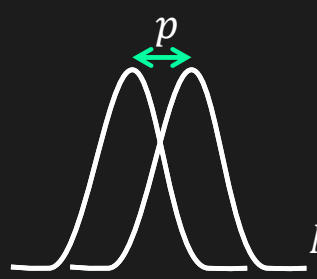
오목 거울 배열을 사용하면 전면 투사로
공간 효율적인 입체 영상 재생이 가능



01

시스템 Bottleneck 분석

- 투사 렌즈의 유효 면적 및 발산각에 의해 시스템 성능이 제한
- 카메라 렌즈(Area = 8.64cm², F/# = 1.2)의 경우 1.3 Gigapixel (30k × 45k) 성능 달성



분해 가능한 해상도 (Layleigh Criterion)

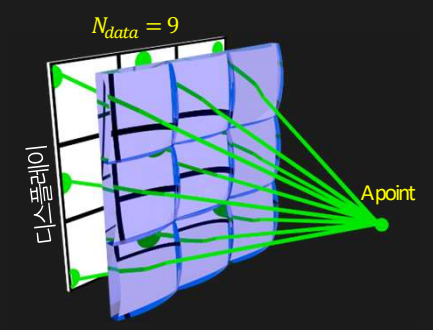
$$p = 1.22\lambda F/\#$$

화소 개수

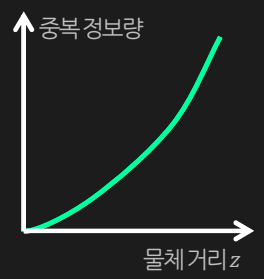
$$N_{pixel} = Area/p^2$$

02

정보 효율성 측면 비교



- 기존 집적 영상의 경우, 공간에 점을 표현하기 위해서는 중복된 정보가 다수 필요
- 제안하는 방법은 공간의 점 하나가 광학적으로 1:1 대응되어 효율적으로 정보를 사용

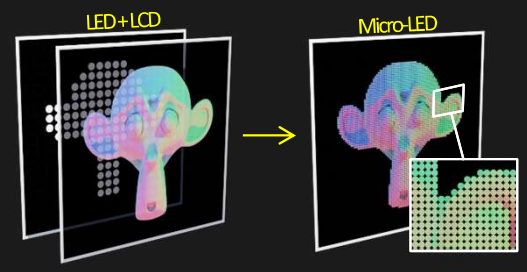


집적 영상에서 요구하는 정보량

$$N_{data} \approx z^2$$

03

추후 시스템 개선 방향



- Micro-LED를 사용하여 다초점면 구현
- 고휘도, 고해상도, 빠른 구동속도가 가능

시스템	광원 해상도	휘도 (cd/m^2)	광원 발산각
DMD+ LCD	높음	광원에 따름	제한됨
LED+ LCD	보통	보통 $(10^3 \sim 10^4)$	높음
Micro-LED	높음	높음 $(10^5 \sim 10^7)$	높음

감사합니다

HoloBeam