

# 완전시차를 가지는 3 차원 디스플레이를 위한 포인트 클라우드와 집적영상기술의 융합

홍석민<sup>1</sup>, 강현민<sup>1</sup>, 오현주<sup>1</sup>, 박지용<sup>1</sup>

<sup>1</sup>구미전자정보기술원

seokmin.hong@geri.re.kr, khm@geri.re.kr, hjoh@geri.re.kr, jiyong@geri.re.kr

## Fusion of point cloud and integral-imaging technique for full-parallax 3D display

Seokmin Hong<sup>1</sup>, Hyunmin Kang<sup>1</sup>, Hyunju Oh<sup>1</sup>, and Jiyong Park<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Gumi Electronics & Information Technology Research Institute (GERI)

### 요 약

본 논문은 3 차원 이미징 기술과 컴퓨터 그래픽스 기반의 시뮬레이션 분야에서 매우 성공적인 두 기술의 융합을 기반으로 진행한 연구를 제안한다. 먼저 3 차원 디스플레이 시스템에 재생할 집적 영상 이미지를 생성하는 방법에 대해 설명한다. 이는 3 차원 포인트 클라우드에서 가상 핀홀 배열로 입사각을 역투영하는 계산방식을 통해 해당 이미지를 생성한다. 우리는 재생되는 3 차원 영상의 초점면을 자유롭게 선택하는 방법에 대해서도 설명한다. 또한, 복수의 관찰자에게 동시에 다양한 시점 정보를 기반으로 몰입감 넘치는 3 차원 영상을 제공하는 3 차원 디스플레이 시스템을 소개하고, 다양한 실험결과를 기반으로 결론을 제시한다.

### 1. 서론

우리가 살아가고 있는 3 차원 공간을 현실 그대로 기록하고 시각화하기 위한 연구는 과거에서 현재까지 꾸준히 연구되고 있는 주제이다. 그 중에서도 추가적인 도구나 장비 없이 복수의 관찰자에게 몰입감 넘치는 3 차원 영상을 동시에 제공하는 무안경식 입체영상 기술(Autostereoscopy)이 대중들의 큰 관심을 받고 있다. 이 기술은 정해진 영역 내에서 다수의 사람들에게 각각의 다양한 시점정보를 동시에 제공이 가능하다는 장점이 있다.

그 중에서도 집적영상기술(Integral-imaging: InI)이 가장 대표적이며 유망한 기술로 손꼽히고 있다. 이 기술은 G. Lippmann 의 Integral-Photography(IP)를 기반으로 꾸준히 연구개발 및 발전해왔다 [1]. 그는 20 세기 초, 구체형 디오프터 배열을 사용하여 3 차원 정보를 기록(Pick-up) 및 복원(Reconstruction)하는 가능성을 처음으로 제시하였다. 참고로, 이렇게 기록된 영상은 다양한 시점정보와 공간정보를 동시에 가지고 있으며, 우리는 이를 앞으로 집적영상 이미지(Integral image)라고 부른다. 과학의 발전과 집적영상기술을 향한 학계의 큰 관심 덕분에, Lippmann 이 제시한 구체형 디오프터 배열은 마이크로미터 크기의 매우 작은 반구형 렌즈 배

열인 마이크로 렌즈 배열(Microlens array: MLA)로 대체되었다. 흥미롭게도, 몇몇 연구 단체에서는 이러한 물리적인 MLA 를 가상의 3 차원 공간으로 옮기려는 시도와 노력을 하였으며, 가상으로 설계된 렌즈배열을 기반으로 현실세계에서는 하지 못하는 다양한 실험과 연구를 최근까지도 활발히 진행하고 있다 [2, 3].

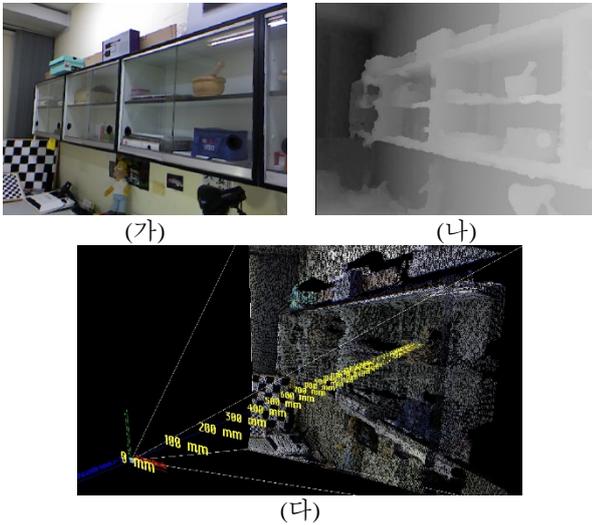
본 논문은 가상의 3 차원 공간에서 시뮬레이션 된 포인트 클라우드와 가상 핀홀 배열(Virtual pinhole array: VPA)을 활용하여 집적영상 이미지를 제작하기 위한 연구개발 내용을 소개하고자 한다. 또한, 제안하는 3 차원 디스플레이 시스템을 통해 재생된 3 차원 영상의 초점면을 원하는 위치에 설정하는 방법에 대해서도 설명한다. 마지막으로, 우리의 실험결과를 기반으로 본 논문의 결론을 제시하고자 한다.

### 2. 집적영상 이미지 생성과 3 차원 영상의 초점면 변환

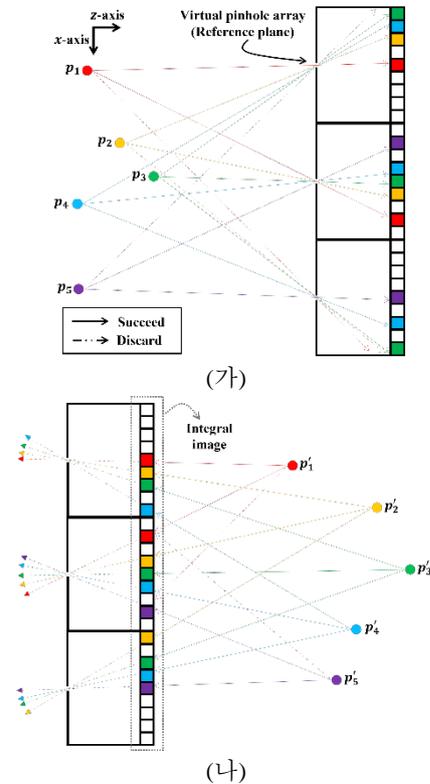
#### 2-1. 포인트 클라우드와 가상 핀홀 배열 기반의 집적영상 이미지 생성

첫번째로, 우리는 먼저 RGB+D 정보를 기반으로 포인트 클라우드를 생성 후 가상의 3 차원 공간에 시뮬레이션 하였다 (그림 1). 두번째는 VPA 를 포인트 클라우드 내부(혹은 근처)에 배치 후 참고문헌 [4] 와

같이 smart pixel mapping 알고리즘을 통해 포인트 클라우드로부터 가상 핀홀 배열로 역투영을 진행하였다. 이 단계는 Lippmann의 IP 기술에서 제시했던 렌즈배열을 기반으로 다양한 시점정보를 획득하는 기록 단계(Pick-up phase)와 동일하다. 포인트 클라우드로부터 VPA를 통해 집적영상 이미지를 생성하는 방법은 그림 2에 잘 설명되어 있다.



(그림 1) (가) RGB 이미지; (나) grayscale depth map; (다) 가상의 3차원 공간에 시뮬레이션 된 포인트 클라우드.



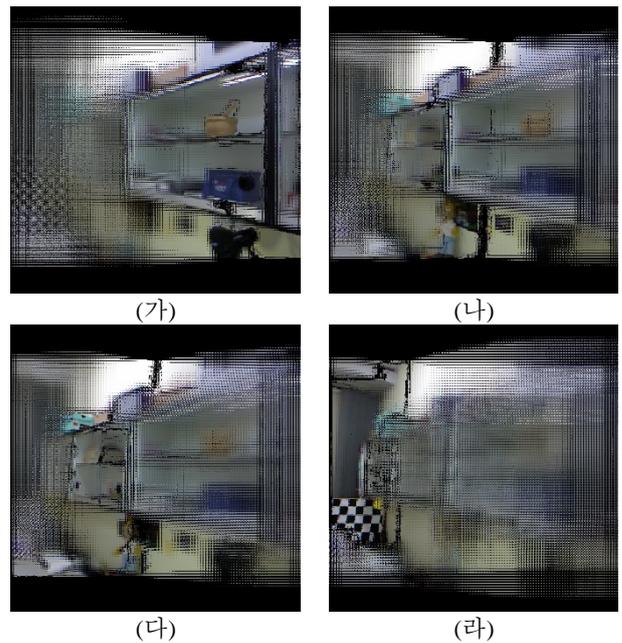
(그림 2) 두가지 상황에서의 역투영 계산방법 비교: (가) 포인트 클라우드가 VPA 앞에 위치; (나) 가상 핀홀 뒤에 포인트 클라우드가 위치.

## 2-2. 집적영상 이미지 생성과 3차원 영상의 초점면 변환

우리는 3차원 디스플레이 시스템에 집적영상 이미지를 재생함으로써 몇 가지 재미있는 특징을 확인할 수 있었다. 대표적으로, 집적영상 이미지를 생성할 때 가상의 3차원 시뮬레이션 공간 내 특정거리에 배치한 VPA의 위치를 기점으로 디스플레이 화면 밖으로 영상이 튀어나오거나 들어가는 위치가 직접적으로 결정된다. 이는 바로 VPA의 위치에 따라 3차원 영상의 초점면이 변한다는 것을 의미한다. 따라서, VPA가 위치한 면은 기준면(Reference plane)이며, 3차원 디스플레이 시스템의 물리적 디스플레이 면(Display plane)과도 동일하다고 할 수 있다.

## 3. 집적영상 이미지의 초점면 변환 실험과 집적영상 모니터로의 재생

우리는 제안하는 초점면 변환 방법을 증명하기 위해 포인트 클라우드로부터 다양한 위치에 VPA를 배치한 후 집적영상 이미지를 생성하였다. 그림 3을 통해서 확인할 수 있듯, 초점면이 변환된 영상에서 다양한 초점면에 위치한 재초점된 사물들의 명확한 형태를 확인할 수 있다.



(그림 3) 포인트 클라우드와 VPA를 활용하여 제작된 다양한 위치에 재초점된 집적영상 이미지 제작 실험결과: (가) 1,060mm; (나) 1,900mm, (다) 2,120mm, (라) 3,180mm.

한편, 우리의 3차원 디스플레이 시스템인 InI 모니터 구성방법을 제안한다. 우리는 삼성 SM-T700 태블릿(359 pixels/inch)을 메인 디스플레이로 활용하였으며, 각 렌즈의 초점거리  $f_L = 3.3\text{mm}$ , 직경  $p = 1\text{mm}$  크기를 가지는  $113 \times 113$  개의 마이크로 렌즈로 구성된 Fresnel Tech.의 렌즈 배열(Model 630)을 활용하였다. 우리는 메인 디스플레이 앞에 렌즈배열을 배치 및 고

정 후 생성한 집적영상 이미지를 재생함으로써 다수의 관찰자에게 체적정보(Volumetric information) 기반의 몰입형 3 차원 입체영상을 제공하였다. 참고로, 이 단계는 Lippmann 의 IP 기술에서 제시했던 기록영상 복원 단계(Reconstruction phase)와 동일하다.

우리는 상하좌우 각각 다른 시점을 가지는 완전시차 효과를 증명하기 위해, 제안하는 InI 모니터 앞에 단안의 디지털 카메라를 배치 후 전동 리니어 스테이지(Motorized linear stage)를 활용하여 가로 및 세로 방향으로 움직이며 촬영하였다. 그림 4 에서 확인할 수 있듯, InI 모니터를 통해 재생된 영상은 가로 및 세로 시차정보 및 연속적인 시점 정보를 동시에 가진다.



(가)



(나)



(다)

(그림 4) 제안하는 InI 모니터로 재생되는 다양한 시점정보를 보여주는 실험 결과: (가) 우-상단; (나) 우-하단; (다) 좌-하단.

#### 4. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 집적영상 이미지를 생성하기 위한 새로운 방법과, 재생된 3 차원 집적영상의 초점면을 변환하는 방법에 대해서 설명하였다. 제안하는 방법을 통해 생성된 집적영상 이미지는 제안하는 InI 모니터를 통해 재생되었고, 이를 통해 몰입감 넘치는 깊이정보 및 상하좌우 다양한 시점정보를 복수의 관찰자에게 동시에 제공하였다. 본 논문에서 제안하는 연구의 큰 장점 중 하나는 다양한 유형의 InI 디스플레이

이 장치에 쉽게 활용가능하다는 점이다. 한편, 향후 연구는 실시간으로 획득된 RGB-D 정보를 기반으로 집적영상 디스플레이 시스템에 재생하고자 한다. 집적영상 이미지 생성에 필요한 적지 않은 연산량은 우선적으로 해결해야 할 항목이다.

#### Acknowledgement

본 논문은 대한민국 정부(산업통상자원부 및 방위사업청) 재원으로 민군협력진흥원에서 수행하는 민군기술협력사업의 연구비 지원으로 작성되었습니다 (협약번호 UM22203RD2).

#### 참고문헌

- [1] G. Lippmann, "Epreuves reversibles photographies integrals", Comptes Rendus de l'Academie des Sciences 146, 446-51 (1908).
- [2] S. Hong, D. Shin, B.-G. Lee, A. Dorado, G. Saavedra, and M. Martinez-Corral, "Towards 3D television through fusion of Kinect and Integral-Imaging concepts", J. Display Technol. 11, 894-9 (2015).
- [3] S. Hong, G. Saavedra, and M. Martinez-Corral, "Full parallax three-dimensional display from Kinect v1 and v2", Opt. Eng. 56, 041305 (2017).
- [4] M. Martinez-Corral, B. Javidi, R. Martinez-Cuenca, and G. Saavedra, "Formation of real, orthoscopic integral images by smart pixel mapping", Opt. Express, 13, 9175-80 (2005).