

# 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].

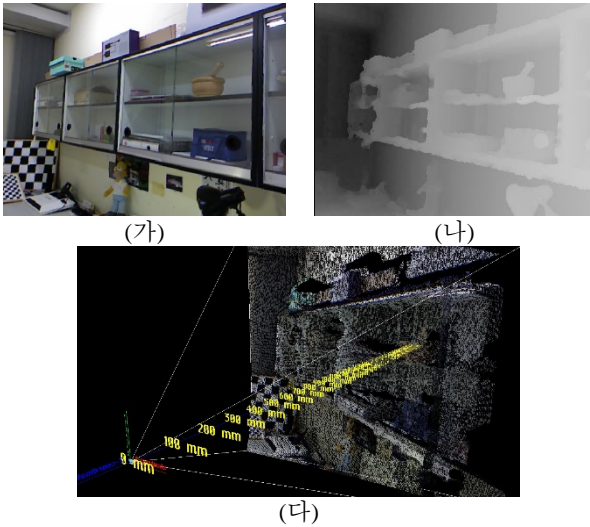
본 논문은 가상의 3 차원 공간에서 시뮬레이션 된 포인트 클라우드와 가상 핀홀 배열(Virtual pinhole array: VPA)을 활용하여 집적영상 이미지를 제작하기 위한 연구개발 내용을 소개하고자 한다. 또한, 제안하는 3 차원 디스플레이 시스템을 통해 재생된 3 차원 영상의 초점면을 원하는 위치에 설정하는 방법에 대해서도 설명한다. 마지막으로, 우리의 실험결과를 기반으로 본 논문의 결론을 제시하고자 한다.

### 2. 집적영상 이미지 생성과 3 차원 영상의 초점면 변환

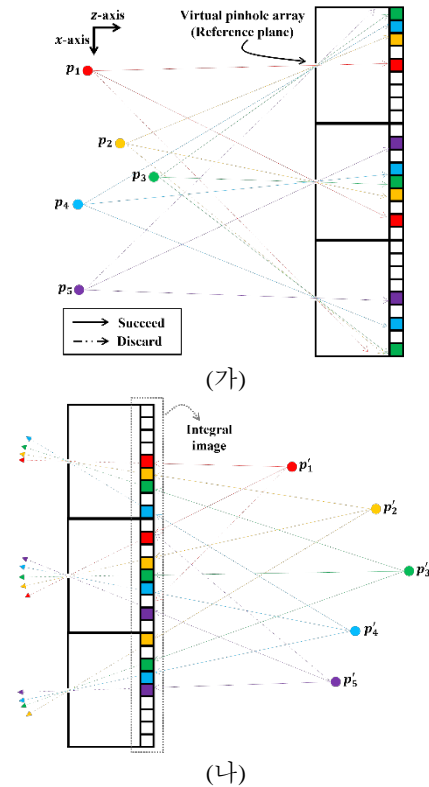
#### 2-1. 포인트 클라우드와 가상 핀홀 배열 기반의 집적영상 이미지 생성

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 Lippmann 의 IP 기술에서 제시했던 렌즈배열을 기반으로 다양한 시점정보를 획득하는 기록 단계(Pick-up phase)와 동일하다. 포인트 클라우드로부터 VPA 를 통해 집적영상 이미지를 생성하는 방법은 그림 2 에 잘 설명되어 있다.



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



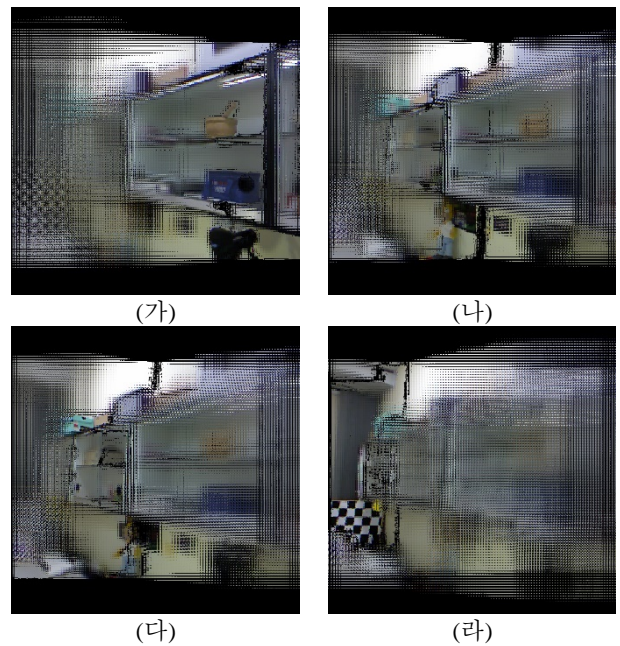
(그림 2) 두가지 상황에서의 역투영 계산방법 비교: (가) 포인트 클라우드가 VPA 앞에 위치; (나) 가상 핀홀 뒤에 포인트 클라우드가 위치.

## 2-2. 집적영상 이미지 생성과 3차원 영상의 초점면 변환

우리는 3 차원 디스플레이 시스템에 집적영상 이미지를 재생함으로써 몇 가지 재미있는 특징을 확인할 수 있었다. 대표적으로, 집적영상 이미지를 생성할 때 가상의 3차원 시뮬레이션 공간 내 특정거리에 배치한 VPA 의 위치를 기점으로 디스플레이 화면 밖으로 영상이 튀어나오거나 들어가는 위치가 직접적으로 결정된다. 이는 바로 VPA 의 위치에 따라 3 차원 영상의 초점면이 변한다는 것을 의미한다. 따라서, VPA 가 위치한 면은 기준 면(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 VPA 를 배치한 후 집적영상 이미지를 생성하였다. 그림 3 을 통해서 확인할 수 있듯, 초점면이 변환된 영상에서 다양한 초점면에 위치한 재초점된 사물들의 명확한 형태를 확인할 수 있다.



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

한편, 우리의 3 차원 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).