

# 3D 집적 영상을 이용한 인터랙티브 시스템

신동학\* · 김은수\*\*

\*동서대학교 · \*\*광운대학교

Interactive system using 3D integral imaging technique

Dong-Hak Shin\* · Eun-Soo Kim\*\*

\*Dongseo University · \*\*Kwangwoon University

E-mail : shindh2@dongseo.ac.kr

## 요 약

3D 집적 영상 기술은 연속적인 시점, 완전 시차와 풀칼라 영상을 공중에 표현하는 유망한 기술이다. 본 논문에서는 한 대의 카메라를 이용한 새로운 형태의 인터랙티브 3D 집적 영상 시스템을 제안한다. 이 장치는 기존의 3D 집적 영상 디스플레이 시스템에 단순한 한 대의 카메라를 추가적으로 사용하여 유저 인터페이스가 구현될 수 있다. 제안하는 시스템의 가능성을 보이기 위해서, 실험적인 장치 구현을 수행하고 기초적인 실험 결과를 보고한다.

## ABSTRACT

The integral imaging is a promising 3D display technology since it is able to deliver continuous viewing points, full parallax, and full color view to the observers in space. In this paper, we propose a novel interactive 3D integral imaging system using a single camera. The user interface is implemented by adding a camera in the conventional integral imaging system. To show the possibility of the proposed system, we implement the optical setup and present the preliminary results

## 키워드

3D display, Human computer interaction, Lens array, elemental images

## 1. 서 론

3D 입체 영상 디스플레이 기술은 주로 홀로그래피(holography)나 스테레오스코피(stereoscopy) 방식에 기초하여 오랫동안 연구되어 왔다 [1,2]. 이 중, 스테레오스코피 방식은 양안시차를 갖는 두 개의 2D 영상을 사람의 양쪽 눈에 각각 분리시켜 보여줌으로써 입체감을 유발시키게 된다. 이 방식은 2개의 평면 영상을 사용함으로써 구현이 간단하고 높은 해상도와 큰 깊이감을 갖는 3D 영상 디스플레이를 할 수 있지만 영상을 보는 눈의 수렴각과 초점 사이에 불일치가 존재하여 시각 피로감이 커질 수 있으며, 시점도 불연속적으로 주어

진다.

이 스테레오스코피 방식의 단점을 피하기 위하여 3D 집적 영상(integral imaging)에 대한 연구가 활발히 수행되고 있다 [3,4]. 이 집적 영상은 연속적인 시점과 수평수직 시차를 모두 갖는 입체영상을 구현할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 이 집적 영상 기술을 3D 물체의 표면 추출, 깊이 정보 추출 및 물체 인식 등의 여러 가지 응용 분야에 적용하고, 광학적 집적 영상 재생 방법의 단점을 극복하기 위해서 컴퓨터를 이용한 집적 영상 재생 방법이 활발하게 연구되고 있다 [5,6]. 이 컴퓨터 집적 영상 재생 (CIIR: Computational integral imaging reconstruction) 방법은 렌즈 배

열의 각 요소 렌즈의 기하 광학적 원리를 컴퓨터를 이용하여 모델링함으로써 컴퓨터적으로 3D 정보를 재생하는 방법이다.

한편, 보다 현실감 있는 컴퓨터와의 인터랙션을 위하여 3D 입체 영상 디스플레이 장치와 연동한 인터랙션 디바이스에 대한 연구가 최근 활발히 진행되고 있다 [7,8]. 이는 기존의 2D 평면 디스플레이 환경에서 벗어나 실제의 3D 입체 공간 환경을 인간에게 제공하고자 하는 것이다. 따라서 이러한 환경 구성을 위하여 컴퓨터 영상처리 기술에 3D 비전 분야의 기술을 많이 활용하고 있다. 이 기술은 경제적이면서도, 정밀도 또한 높은 인터랙션 시스템 환경 구축이 가능하다는 장점이 있기 때문이다.

본 논문에서는 3D 집적 영상 기술에 새로운 형태의 인터랙션 기능을 수행할 수 있는 방법을 연구하였다. 이 장치는 기존의 3D 집적 영상 디스플레이 시스템에 단순한 한 대의 카메라를 추가적으로 사용하여 유저 인터페이스가 구현된다. 제안하는 시스템의 유용함을 보이기 위해서, 실험적인 장치 구현을 수행하고 유저의 손가락을 인식하는 기초적인 실험 결과를 보고한다.

## II. 3D 집적 영상의 원리

3D 집적 영상 기술은 일반적으로 그림 1과 같이 픽업 (pickup) 과정과 디스플레이 (display) 과정으로 나눈다 [3,4]. 집적 영상의 픽업 과정에서는 3D 물체 정보를 렌즈 배열과 영상검출기를 이용하여 2D 요소 영상으로 기록한다. 그리고 디스플레이 과정에서는 픽업과정에서 얻어진 2D 요소 영상을 디스플레이 장치에 표현한 후 이들을 다시 렌즈 배열을 통과시켜 3D 영상으로 재생한다. 그림 1(a)에서 픽업되는 2D 요소 영상은 3D 물체에 대해서 각각의 작은 렌즈를 통해서 얻은 작은 영상들의 조합이다. 따라서 요소 영상의 수는 렌즈 배열의 개수와 같다.

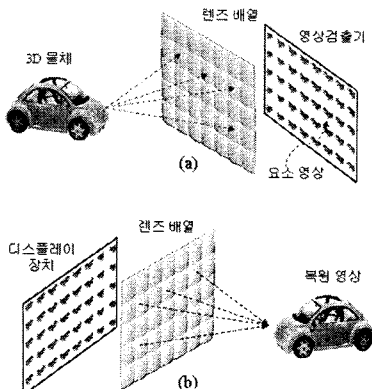


그림 1. 집적영상 기술 (a) 픽업 (b) 디스플레이

## III. 인터랙티브 3D 집적 영상 시스템

그림 2은 본 논문에서 제안하는 인터랙티브 3D 집적 영상 시스템의 구성도를 보여준다. 제안하는 시스템은 그림 2의 프로젝터를 이용한 집적 영상 시스템의 구조를 가지며, 유저 인터랙션을 위한 사용자의 손가락 위치 파악을 위한 한대의 카메라를 추가적으로 사용하는 구조이다. 추가된 카메라는 사용자의 손가락을 검출하기 위한 것이며, 렌즈배열을 통한 영상을 찍을 수 있는 위치에 적절히 배치가 가능하다. 본 논문에서는 카메라를 프로젝터 근처에 위치시킨다.

제안하는 시스템의 동작 원리를 자세히 설명하기 위하여 그림 2에서와 같이 2 가지의 동작 모드로 분류한다. 첫 번째 동작 모드는 그림 2(a)에 보여진 3D 영상 디스플레이 모드이고, 다른 동작 모드는 그림 2(b)에 보여진 3D 인터랙션 모드이다. 3D 영상 디스플레이 모드에서는 2 장에서 설명한 집적 영상의 디스플레이 원리를 이용하여 렌즈 배열 앞의 공간에 3D 영상을 표시한다. 집적 영상의 기술로 3D 영상을 만들게 되면, 3D 영상이 표시되는 거리에서는 선명한 영상이 나타나고 그 외에 거리에서는 흐려진 영상이 나타나게 된다.

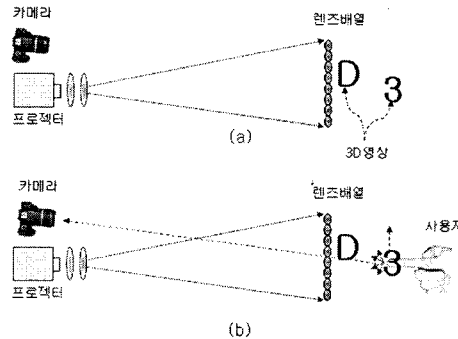


그림 2. 제안하는 인터랙티브 3D 집적 영상 시스템 (a) 영상 디스플레이 모드 (b) 인터랙션 모드

다음으로 3D 영상 디스플레이 모드에서 재생된 영상에 대해서 사용자의 인터랙션을 감지하는 3D 인터랙션 모드를 수행한다. 그림 2(b)와 같이 사용자의 손가락이 어떤 특정한 공간의 3D 영상을 선택하게 되면, 이때 그림 4의 설명과 같이 재생된 3D 영상의 세기값은 제일 높기 때문에 사용자의 손가락에 의해서 산란되는 빛들이 발생하게 된다. 이 산란된 빛들은 역으로 다시 렌즈 배열을 통하여 카메라에 요소 영상으로 기록되어지게 된다. 이렇게 찍힌 요소 영상을 유저 요소 영상이라고 부르자. 이 유저 요소 영상을 기초로 하여 정확한 사용자의 손가락 끝부분의 위치를 컴퓨터적으로 복원해 낼 수 있다.

본 논문에서 제안하는 3D 집적 영상 시스템의 올바른 인터랙션 동작을 위해서는 공간에 표현된

3D 영상과 사용자 사이의 인터랙션을 위한 인터페이스를 구현하여야 한다. 이 인터페이스 방식을 구현하기 위해서 작업 순서도는 그림 3과 같다.

본 논문에서 사용하는 인터페이스의 첫 과정은 유저 요소 영상의 획득이다. 그림 2(b)에서 보여지듯이 사용자의 손가락이 공중에 맺혀진 3D 영상을 선택하게 될 때 손가락에 의해 반사되는 빛을 요소 영상으로 기록하여 얻게 된다. 이 유저 요소 영상에서 정확한 거리를 측정하기 위해서 컴퓨터 집적 영상 복원 (CIIR)의 방법을 사용한다 [5,6]. CIIR 방법의 자세한 원리는 참고논문 [6]과 같다. 따라서 이 CIIR 방법을 이용하여 유저 요소 영상에 대해서 실험을 수행하게 되면 사용자의 손가락의 위치가 정확하게 얻어질 수 있다. 이렇게 얻어진 손가락의 거리 정보를 이용하여 인터랙션을 위한 이벤트를 발생시킨다. 최종적으로 사용자가 종료 버튼을 원할 때까지 이 과정은 반복적으로 수행된다.

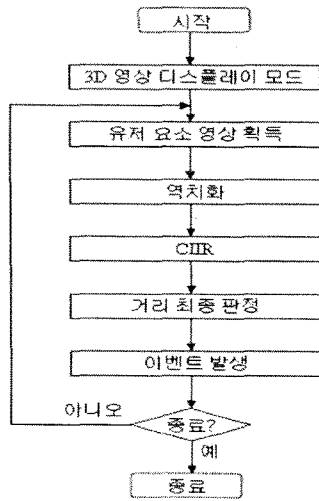


그림 3. 유저 인터페이스 방식

#### IV. 실험 결과

제안하는 인터랙티브 3D 집적 영상 시스템의 구현 가능성을 보이기 위해서 기초적인 실험을 수행하였다. 먼저 전체 구현된 광학적 시스템은 그림 4에 나타내었다. 실험에 사용한 렌즈 배열은 51x51의 렌즈로 구성되어 있고 각 렌즈릿의 초점 거리는  $f=5\text{ mm}$ 이고 직경은 약 1 mm이다. 3D 영상으로는 글자 '3'과 'D'를 집적 영상 기법으로 표현하기 위해서 먼저 요소 영상을 생성하였다 [6]. 이 글자 '3'은 렌즈 배열로부터 18 mm에, 글자 'D'는 6 mm에 각각 생성되도록 요소 영상을 제작하였다. 생성된 요소 영상을 그림 5(a)에 나타내었다. 그림 5(a)의 요소 영상을 프로젝터에

표시하고 렌즈 배열을 통과하여 3D 영상을 공중에 생성하였다. 그 생성된 실제 3D 영상의 실험 결과를 그림 5(b)에 나타내었다. 그림에서 보여지듯이 올바르게 글자 '3'이 표현되며, 렌즈 배열로부터 약 18 mm에 재생되었다

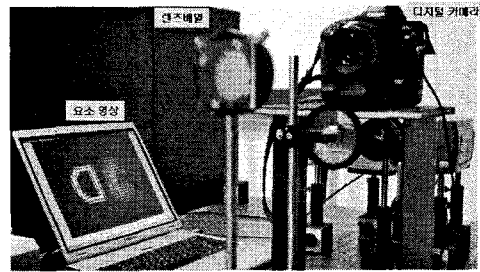


그림 4. 손가락 검출을 위한 광학적 구성도

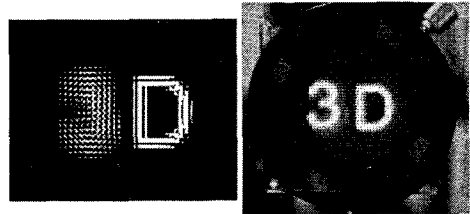


그림 5. (a) 제작된 요소영상 (b) 복원된 3D 영상

이렇게 재생된 영상 중에 글자 '3'의 영상에 대해서 손가락을 지시하는 실험을 수행하였다. 먼저 손가락이 '3'의 글자를 지하는 동안에 디지털 카메라를 이용하여 렌즈배열을 통해서 얻어지는 영상을 유저 요소 영상으로 기록하였다. 그림 4에서 실제 실험을 위해 사용된 디지털 카메라를 볼 수 있다. 그림 6(b)는 실제 사람이 렌즈배열 근처에서 글자 '3'의 영상을 지시했을 때 렌즈 배열을 통해서 얻어지는 유저 요소 영상을 보여준다.

다음으로 실험에서 얻어진 유저 요소 영상을 이용하여 손가락 거리 측정 실험을 수행하였다. 거리 측정을 위해서는 CIIR 방법을 이용하였으며, 거리에 따라 재생되는 영상들의 실험 결과를 그림 7에 보였다. 실험 결과에서 알 수 있듯이 손가락 모양의 가장 선명한 영상이 18 mm에서 얻어졌으며, 다른 영상들은 흐려지는 것을 알 수 있다. 따라서 이 거리를 실험적으로 측정하여 인터랙션을 수행할 수 있다.

이 실험 결과로부터 본 논문에서 제안하는 인터랙션 집적 영상 시스템에 구현을 위한 유저 인터페이스 부분의 구현 원리를 성공적으로 데모하였다. CIIR을 이용하여 정확한 손가락의 위치를 검출하여 실시간적인 프로세서를 통해서 컴퓨터와의 인터페이스를 수행한다면 전체적인 시스템이 최종적으로 구현될 것으로 기대하며, 향후 실시간 인터랙션 시스템을 위한 계속적인 연구를

수행하고자 한다.

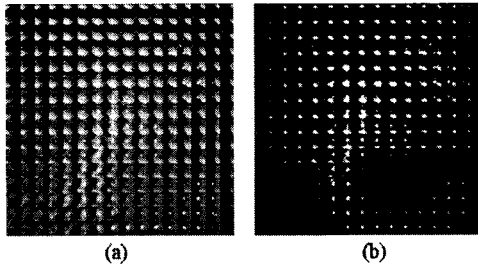


그림 6. 손가락 영상에 대한 유지 요소 영상 (a) 역치화 전 (b) 역치화 후

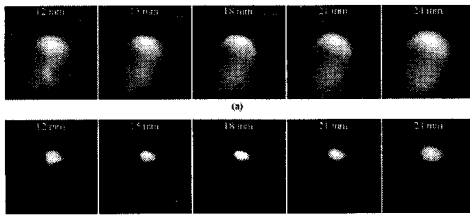


그림 7. CIIR의 재생 영상 (a) 그림 6(a)를 이용한 경우 (b) 그림 6(b)를 이용한 경우

## V. 결 론

결론적으로 본 논문에서는 3D 집적 영상 기술에 새로운 형태의 인터랙션 기능을 수행할 수 있는 시스템을 제안하고 실험하였다. 제안하는 시스템은 기존의 집적 영상 시스템에 간단히 한 대의 카메라를 추가적으로 사용하여 새로운 형태의 인터랙티브 3D 집적 영상 시스템을 구현할 수 있었다. 이 시스템은 집적 영상 시스템을 이용하여 3D 영상을 공중에 재생하는 시스템과 이 3D 영상에 대해서 손가락 위치 인식을 사용하는 유지 인터페이스로 구성되어 있으며, 사용자가 손가락을 이용하여 공간에 위치한 3D 영상에서 원하는 영역을 지시하여 인터랙션을 효과적으로 수행할 수 있다. 제안하는 시스템의 가능성을 보이기 위해서, 실험적으로 시스템을 구현하고 기초적인 실험 결과를 보고하였다.

## 감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 육성·지원사업 (IITA-2008-C1090-0801-0018)에 의하여 수행되었음

## 참고문헌

- [1] 이승현, 김은수, "3차원 영상의 기초", 技多利, 1998.
- [2] S. A. Benton, ed., Selected Papers on Three-Dimensional Displays (SPIE Optical Engineering Press, Bellingham, WA, 2001).
- [3] G. Lippmann, "La photographie integrale," Comptes-Rendus Academie des Sciences 146, 446-451 (1908).
- [4] B. Lee, S. Jung, S.-W. Min, and J.-H. Park, "Three-dimensional display using integral photography with dynamically variable image planes," Opt. Lett. 26, 1481-1482 (2001).
- [5] 신동학 "평면기반 컴퓨터 집적 영상 재생 방법에서 3차원 영상의 해상도 개선" 한국해양정보통신공학회, 제11권 10호, pp. 1944-1949, 2007.
- [6] D.-H. Shin and H. Yoo, "Image quality enhancement in 3D computational integral imaging by use of interpolation methods," Opt. Express 15, 12039-12049 (2007).
- [7] D. Ebert, E. Bedwell, S. Maher, L. Smoliar, and E. Downing, "Realizing 3D visualization using crossed-beam volumetric displays," Communications of the ACM, vol. 42, no. 8, pp. 101-107, 1999.
- [8] R. Balakrishnan, G. Fitzmaurice, and G. Kurtenbach, "User interfaces for volumetric displays," IEEE Computer, pp. 37-45. 2001.