
렌즈릿 모델에 기초한 컴퓨터 변환을 통한 Orthoscopic 집적 영상 디스플레이

신동학*, 홍석민*, 이병국*, Yongri Piao**, Miao Zhang**

*동서대학교, **Dalian University of Technology

Orthoscopic Integral Imaging Display by Use of Computational Method Based on Lenslet Model

Donghak Shin*, Seok-Min Hong*, Byung-Gook Lee*, Yongri Piao**, Miao Zhang**

*Dongseo University, **Dalian University of Technology

E-mail : shindh2@gmail.com

요 약

본 논문에서는 집적 영상 기술에서 오쏘스코픽3D 영상을 복원할 수 있는 렌즈 모델에 기초한 컴퓨터 깊이 반전 방법을 제안한다 제안하는 방법은 임의의 거리에 대해서 깊이 반전된 요소 영상을 생성할 수 있으며, 깊이 반전에 필요한 추가적인 과정이 없다 렌즈 모델에 기초한 깊이 반전 방법의 유용함을 보이기 위한 기초적인 실험을 수행하고 그 결과를 보고한다

ABSTRACT

A computational method of integral imaging is proposed based on the lenslet model which allows that the orthoscopic 3D image can be reconstructed at any arbitrary position without any restrictions. The proposed method is not rigidly adhere to the fixed reconstructed distance, but also requires no additional procedure during the depth conversion process. To show the usefulness of the proposed method, we carry out the preliminary experiments and present the experimental results.

키워드

Integral imaging, depth conversion, elemental images, lenslet model

1. 서 론

집적 영상 (integral imaging) 기술은 1908년에 Lippmann에 의해 처음으로 제안되었다 [1]. 이 기술은 3차원 영상을 획득하고 디스플레이할 수 있는 방법이다. 최근 제작 기술과 광학장치의 발전과 더불어 집적 영상 기술이 새로이 관심을 받고 있다 [2-4]. 그 이유는 상하좌우 방향으로의 원시차와 연속적인 시점을 제공하는 오토스테레오스코피 영상을 관측자에게 제공할 수 있기 때문이다. 또 다른 특징으로는 백색광에서 동작한다

는 것이며, 이를 기존의 디스플레이 장치를 쉽게 사용할 수 있다.

그림 1은 기존의 집적 영상의 구조와 개념을 보여준다. 3D 물체는 픽업 렌즈 배열을 통하여 서로 다른 형태의 시점 영상으로 2D 영상 센서에 저장된다. 이렇게 저장된 영상을 요소 영상이라고 한다. 3D 영상을 복원하기 위하여 디스플레이 렌즈 배열을 통하여 기록된 요소 영상을 디스플레이 패널에 표시한다

집적 영상 기술은 3D 영상을 재생할 때 잘못

된 깊이감을 표시하는 문제점을 가진다 [5,6]. 즉 슈도스코피 복원 영상을 공중에 표시한다 이러한 집적 영상 문제점에 대해서 많은 연구가 진행되고 있다. 이들 방법은 크게 광학적 방식과 컴퓨터적 방식이 연구되고 있다 대부분의 광학 방법에서, 복원영상의 질은 광학장비의 회절 간섭 등에 의한 물리적 제한 때문에 감소된다 이 문제를 극복하기 위해서 편출 배열 기반의 컴퓨터적 방법이 제안되었다. 이 방식을 smart pixel mapping (SPM)이라 한다 [5]. 그리고 디스플레이 시스템의 유연성을 확장하기 위하여 변형된 SPM 기술이 보고되었다.

본 논문에서는 컴퓨터 집적 영상 시스템을 위한 슈도스코피-오토스코피 (PO) 변환이 가능한 깊이 변환 방법을 제안한다 이것은 기존의 편출 배열 모델이 아니라 새로운 렌즈 모델을 도입하고 임의의 거리에서 아무런 시스템 제약없이 영상을 디스플레이 할 수 있는 방법이다 또한 제안하는 방법에서는 픽셀 보간 등과 같은 추가적인 과정을 필요로 하지 않는다. 제안하는 방법의 유용함을 증명하기 위해서 기초적인 실험을 수행하고, 실험 결과를 표시한다

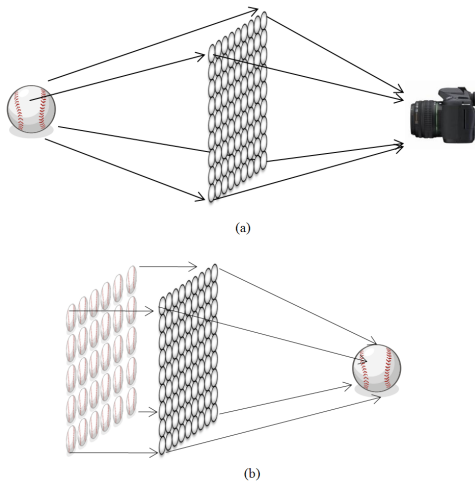


그림 1. 기존의 집적 영상 시스템

II. 기존의 깊이 반전 방법

기존의 SPM 방법은 컴퓨터 집적 영상 시스템에서 컴퓨터적 깊이 반전 방법으로 제안되었다 이 기술은 다양한 목적으로 다양하게 변형되어 연구되어 왔다.

SPM 방법의 계략도를 그림 2(a)에 나타내었다. 단순화를 위하여 1차원 구조를 고려한다 픽업 렌즈 배열과 편출 배열 사이의 거리가 D 일때 $D=Ng$ 의 조건을 만족해야한다 여기서 N 은 요소 영상에서 픽셀수이며, g 는 요소 영상과 렌즈 배열 사이의 거리이다. 간단한 삼각공식에 의해서 다음의 식이 얻어진다.

$$\frac{h}{D} = \frac{cx}{g} \tag{1}$$

여기서 x 는 각 요소 영상의 픽셀 인덱스이고, p 는 렌즈의 직경이며, c 는 픽셀 크기($c=p/N$)이다. 그리고 매핑 픽셀의 대응 편출의 위치는 다음과 같이 된다.

$$h = \frac{cx}{g}D \tag{2}$$

대응 픽셀의 j 번째의 편출에서 인덱스는

$$j = \frac{h}{p} \tag{3}$$

이 된다. 따라서 i 번째 요소 영상의 x 번째 픽셀은 깊이반전된 영상의 대응 픽셀은 다음과 같다

$$S_{i+j}(x) = E_i(-x) \tag{4}$$

SPM 방식은 편출 모델을 기초로 하기 때문에 렌즈배열과 편출배열 사이에 정확한 매칭 조건이 요구된다. 그러나 그림 2(b)와 같이 D 가 Ng 의 조건을 만족하지 않을 경에는 픽셀 매칭 오류가 발생하게 된다. 매칭조건이 맞지 않기 때문에 렌즈 배열에서 출발한 레이들이 대응하는 편출을 통과하지 않게 된다.

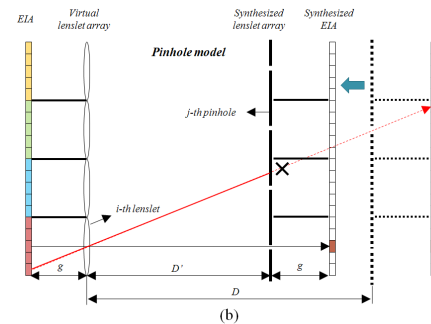
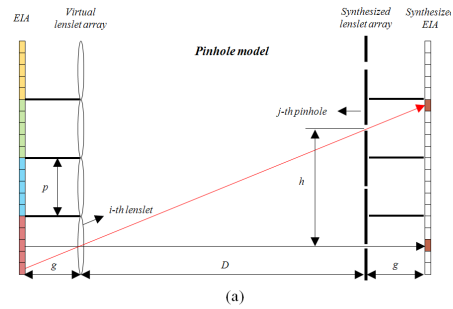


그림 2. 편출 모델의 깊이 반전 방법

III. 제안하는 깊이 반전 방법

본 논문에서는 기존 방법의 문제점을 개선하기 위하여 오쏘스코픽 3D 영상을 복원하는 렌즈 모델에 기초한 깊이 반전 방법을 제안한다 제안하는 방법에서는 렌즈 모델을 사용하기 때문에 광학적 깊이 반전 기법과 동일하다 기존의 방법에서는 편환을 사용하여 차단되는 문제점을 가지고 있기 때문에 임의의 거리에서 요소 영상을 변환할 수 있었지만, 본 논문의 렌즈 모델을 사용함으로써 임의의 거리에서 빛의 전파를 차단하지 않고 요소 영상을 생성할 수 있는 장점을 가진다.

제안하는 방법의 원리를 그림 3에 나타내었다. 그림 3의 오른쪽에 나타난 깊이 반전된 요소 영상의 한 픽셀값은 렌즈 배열 모델을 통하여 고려되는 빔들의 중첩으로 얻어지게 된다 즉 합성되는 요소 영상의 $S_i(x)$ 의 한 픽셀은 다음과 계산된다.

$$c \cdot x = \frac{p}{N} \cdot x \quad (5)$$

이때 각 θ 의 각에 대해서 두 렌즈 배열로 부터의 빔의 비율을 찾기 위하여 h 를 계산한다.

$$h = D' \tan \theta = D' \frac{p}{Ng} x \quad (6)$$

그리고 i 번째와 j 번째의 렌즈에 대응하는 두 요소 영상간의 관계는 다음과 같다.

$$j = i + [\lambda] \text{ and } j' = j + 1 \quad (7)$$

여기서 $\lambda = h/p$ 이고 $[\]$ 는 Gauss integer 함수이다. 이제는 빔의 영역을 고려하여 각각의 빔의 양을 계산할 수 있다. 즉, 첫 번째 렌즈에 대한 빔 비율은

$$Pecr1 = 1 - (\lambda - [\lambda]) \quad (8)$$

이고, 두 번째 렌즈에 대한 빔 비율은

$$Pecr2 = \lambda - [\lambda] \quad (9)$$

이 된다. 최종적으로, 합성되는 요소 영상에 들어오는 빔의 세기는 다음과 같이 계산된다

$$S_i(x) = Pecr1 \cdot E_j(-x) + Pecr2 \cdot E_{j'}(-x) \quad (10)$$

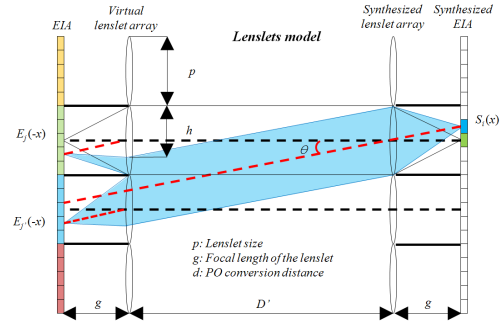


그림 3. 제안하는 깊이 반전 방법

IV. 실험 및 결과

본 논문에서 제안하는 집적 영상 기술에서 깊이 반전 방법의 유용함을 보이기 위한 기초적인 실험을 수행하였다. 그림 4(a)는 요소 영상을 획득하는 실험 구조이다. 실험에 사용하는 3D 물체는 'W'와 'K'의 글자 영상이며, 32 mm와 64 mm에 각각 배치시켰다. 그리고 픽업을 위한 렌즈 배열은 30x30개의 기초 렌즈로 구성이 되고 기초 렌즈의 직경은 3 mm이고 초점거리이고 1.08 mm이다. 그림 4(b)는 그림 4(a)의 시스템으로 얻어진 요소 영상을 보여준다.

얻어진 요소 영상은 기존의 깊이 반전 방법과 제안하는 방법에 사용하였다. 그림 1(a)의 기존 방법에서 D 는 반드시 96 mm가 되어야만 깊이 반전된 요소 영상을 얻을 수 있다. 그러나 본 논문에서는 임의의 거리 중에 하나인 53mm에 대해서 요소 영상 변환을 수행하였다. 그림 5는 기존의 방법과 제안하는 방법으로 만들어진 두 요소 영상을 보여준다. 기존의 방법을 사용한 결과에서는 매핑이 완전하게 발생하지 않아서 깨끗하지 않은 요소 영상이 생성되었지만, 본 논문에서 사용한 결과는 53 mm 거리에서도 깨끗한 깊이 반전된 요소 영상이 얻어짐을 확인하였다.

그림 6은 요소 영상에 대해서 컴퓨터적으로 3D 영상을 복원하는 실험 결과를 보여준다. 관측 각도는 각각 -15도, 0도, 15도에서 복원 영상을 조사하였다. 기존의 방식과 제안하는 방식에서 모두가 잘 깊이 반전된 영상을 얻을 수 있음을 확인할 수 있다.

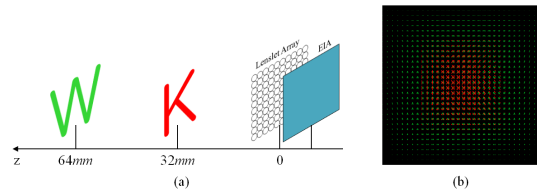
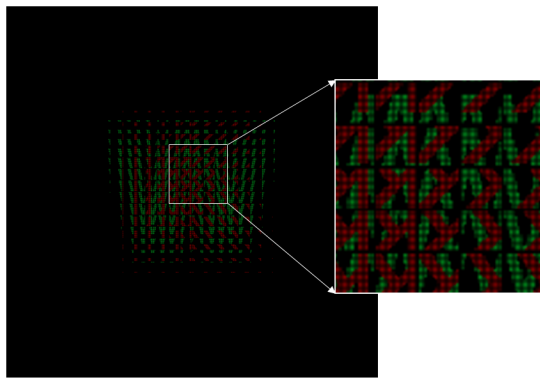
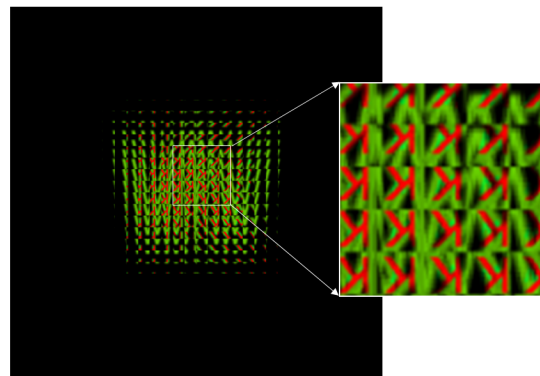


그림 4. (a) 실험 구조 (b) 얻어진 요소 영상



(a)

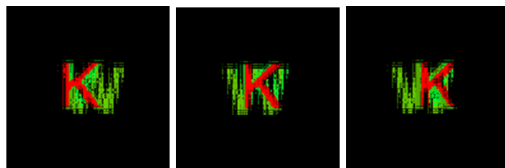


(b)

그림 5. 깊이 반전된 요소 영상 (a) 기존 방법 (b) 제안하는 방법



(a)



(b)

그림 6. 시야각에 따른 컴퓨터 복원 영상 (a) 기존의 방법 (b) 제안하는 방법

V. 결 론

본 논문에서는 컴퓨터 집적 영상 시스템을 위한 3D 영상의 깊이 반전 방법을 제안하였다 제안하는 방법은 기존의 편홀 배열 모델과는 달리 새로운 렌즈 모델을 도입함으로써 임의의 거리에서 아무런 시스템 제약없이 3D 영상의 깊이를 반전시킬 수 있다. 제안한 방법에 대한 기초적인

실험을 수행하고 성공적인 실험 결과를 보고하였다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업융합원천기술개발사업(정보통신)의 일환으로 수행하였음. [10041682, 집적영상(IP) 깊이 표현 범위를 개선한 고선명 3D 영상 처리 기술]

참고문헌

- [1] G. Lippmann, "La photographie integrale," C. R. Acad. Sci. 146, 446-451 (1908).
- [2] F. Okano, H. Hoshino, J. Arai, and I. Yayuma, "Real time pickup method for a three-dimensional image based on integral photography," Appl. Opt. 36, 1598-1603 (1997).
- [3] J.-H. Park, K. Hong, and B. Lee, "Recent progress in three-dimensional information processing based on integral imaging," Appl. Opt. 48(34), H77-H94 (2009).
- [4] D.-H. Shin, S.-H. Lee and E.-S. Kim, "Optical display of true 3D objects in depth-priority integral imaging using an active sensor," Opt. Commun. 275, 330-334 (2007).
- [5] M. Martinez-Corral and B. Javidi, "Formation of real, orthoscopic integral images by smart pixel mapping," Opt. Express 13, 9175-9180 (2005).
- [6] D.-H. Shin, B.-G. Lee, and E.-S. Kim, "Modified smart pixel mapping method for displaying orthoscopic 3D images in integral imaging," Opt. Lasers Eng. 47, 1189-1194 (2009).