

## 디지털 홀로그램 서비스를 위한 수직구조 카메라 시스템 구현

\*구자명 \*이윤혁 \*김우열 \*서영호 \*김동욱

\*광운대학교

\*dwkim@kw.ac.kr

## Vertically Structured Camera System Implementation for Digital Holographic Service

\*Koo, Ja-Myung \*Lee, Yoon-Hyuk \*Kim, Woo-Youl \*Seo, Young-Ho \*Kim, Dong-Wook

\*Kwangwoon Univ.

## 요약

본 논문에서는 3차원 입체 비디오처리 기술의 최종목표인 디지털 홀로그램을 생성하는데 필요한 정보인 객체의 좌표와 색상정보를 얻기 위해서 간단하게 장면이 정확히 일치하는 RGB image와 depth image를 생성할 수 있는 시스템을 구축하는 방법을 제안하였다. 가시광선과 적외선의 파장을 이용하여 파장에 따라 투과율이 달라지는 cold mirror를 사용하여 같은 시점에 대한 RGB + depth image를 얻은 후, 전처리 과정에서 카메라 왜곡에 대한 lens correction과정을 걸친 후, 해상도를 맞추기 위한 resolution resize과정을 마친 후, 디지털 홀로그램으로 구현 할 object를 추출한다. 그 다음 CGH(computer-generated hologram) 알고리즘으로 추출한 object를 CGH로 만든다.

## 1. 서론

3차원 입체 비디오 서비스는 단순한 2차원 비디오와는 달리 영상에 나타난 물체들의 거리감, 입체감 등을 제공하는 서비스로, 차세대 정보통신 서비스의 중심이 될 것이라고 주목받고 있다. 3차원 입체 비디오는 표현방식에 따라 양안식, 다안식, IP(Integral Photography), 파노라마, 옴니, 다시점, 홀로그램 등으로 분류할 수 있는데, 홀로그램 비디오는 빛의 세기뿐만 아니라 위상정보까지 포함하여 원래의 3차원 입체상을 공간상에 정확히 재현할 수 있는 가장 이상적인 입체 시각 시스템이며, 3차원 입체 비디오처리 기술의 최종목표는 결국에는 완전하게 입체를 구현한 홀로그램 서비스 인 것이다.

홀로그래피는 1948년 Gabor에 의해 최초로 제안된 이래 3차원 정보를 기록할 수 있다는 특징 때문에 많은 관심을 끌었다. 그리고 1966년 이후 많은 연구자들이 컴퓨터에 의한 홀로그램(computer-generated hologram, CGH)의 제작을 연구해 오고 있다 [1][2]. 이런 디지털 홀로그램을 CGH로 생성하기 위해서는 대상 객체의 (x, y, z)좌표와 그 점(화소)에서의 각 색상정보(또는 luminance 정보)의 세기가 필요하다. 현실적으로는 위치정보와 빛의 세기 정보를 구분하여 획득할 수 없으며, 일반적으로 RGB영상에서 (x, y)좌표와 빛의 세기를 얻고, 깊이정보로부터 z좌표를 얻어 CGH를 구현하는 것이다.

이 논문에서는 CGH를 구현하기 위해서 정확히 일치한 RGB영상과 depth 영상이 필요한데 그것을 얻기 위해서 cold mirror를 사용하여 얻는 방법과 그것을 통하여 CGH를 구현하는 방법을 기술하였다.

## 2. 본론

깊이정보를 얻는 가장 전통적인 방법은 변위정보를 스테레오 정합에 의해 생성하는 것이며, 지금까지 많은 연구가 진행되어 왔다. 그러나 스테레오 정합으로 고품질의 깊이정보를 얻는 것은 매우 어려운 일이다.

그래서 최근 깊이정보를 직접 획득할 수 있는 깊이카메라가 대중에게 널리 보급되고 있다. 깊이카메라는 크게 두 가지 정도로 분류되는데, 하나는 TOF(time-of-flight)방식이고, 또 하나는 구조광(structured light)을 이용한 스테레오 정합방식이다. 다음 그림 1에서 이 두 방식의 대표적인 카메라들을 보이고 있다.

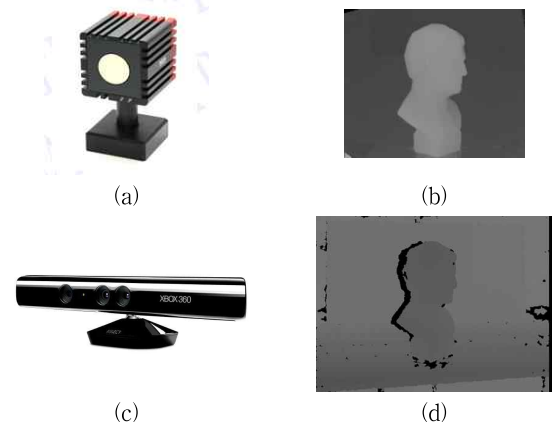
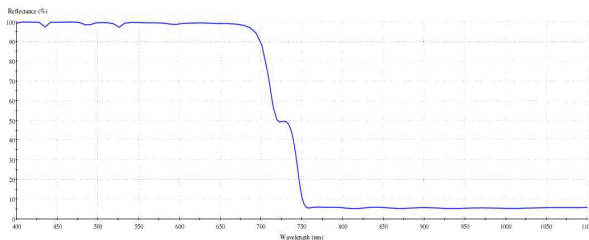


그림 1. 대표적인 깊이카메라: (a) SR4000, (b) SR4000 깊이영상, (c) Kinect, (d) Kinect 깊이영상

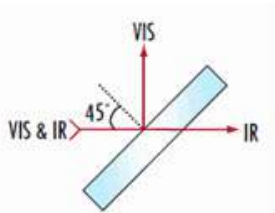
보는 것과 같이 TOF방식을 사용하는 SR4000은 정확성이 높고 양질의 깊이정보를 제공한다. 하지만 해상도가 낮은 단점이 있다. 스테레오 정합방식을 사용하는 kinect는 상대적으로 높은 해상도를 갖고 있지만 화질이 나쁘다는 큰 단점을 갖고 있다. 이 논문에서는 CGH 구현을 위해서 양질의 깊이정보를 필요하기 때문에 SR4000을 사용하였다.

앞서 말한 것처럼 디지털 홀로그램을 CGH로 생성하기 위해서는 대상 객체의 (x, y, z)좌표와 그 점에서의 각 색상정보(또는 luminance 정보)의 세기가 필요하다. 이를 위해서 RGB영상에서 (x,y)좌표와 빛의 세기를 얻고, 깊이정보로부터 z좌표를 얻는 방법이 있다. 그러나 현존하는 기술로는 RGB영상과 깊이영상을 따로 얻는 경우가 대부분이다. 따라서 두 영상의 장면이 정확히 일치하지 않으며, 또한 서로 해상도가 다른 경우가 대부분이다. 이를 해결하기 위해서 본 논문에서는 RGB영상과 깊이영상을 같은 방향으로 촬영하여 해상도가 같은 영상 획득 시스템을 구축하는 방법에 대해 기술하였다.

앞서 말한 것처럼 SR4000은 TOF방식 카메라로 적외선 수신부 주변에 있는 적외선 발생기로 물체에 조사하여 물체에서 반사되어 돌아오는 시간을 계산하여 해당 물체의 깊이를 측정하는 방식이다. 즉, 깊이정보를 얻기 위해서는 적외선이 사용되며, RGB카메라는 가시광선으로 영상을 찍기 때문에 적외선과 가시광선의 파장을 이용하여 원하는 정보를 얻는 것이 가능하다. 그것을 이용한 것이 cold mirror이다. 다음 그림 2는 우리가 사용한 cold mirror spectrum이다.



(a)



(b)

그림 2. Cold mirror의 특성과 배치: (a) cold mirror의 반사특성, (b) cold mirror의 배치

그림 2에서 볼 수 있듯이 cold mirror를 45도로 해서 투과했을 때 파장에 따라 가시광선은 반사가 되지만 적외선은 cold mirror를 투과하는 것을 알 수 있다. 이런 cold mirror의 성질을 이용한다면 우리가 원하는 RGB 영상과 depth 영상을 얻는 것이 가능하다.

다음 그림 3은 같은 시점에 대한 depth 영상과 RGB 영상을 촬영 가능하도록 우리가 제작한 depth+RGB 수직 리그의 사진이다.

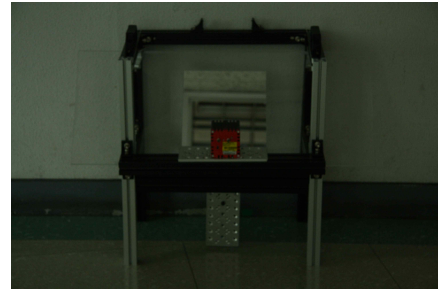


그림 3. 수직 리그

그림 4는 depth+RGB image를 얻기 위해서 우리가 제안한 시스템 구조이다.

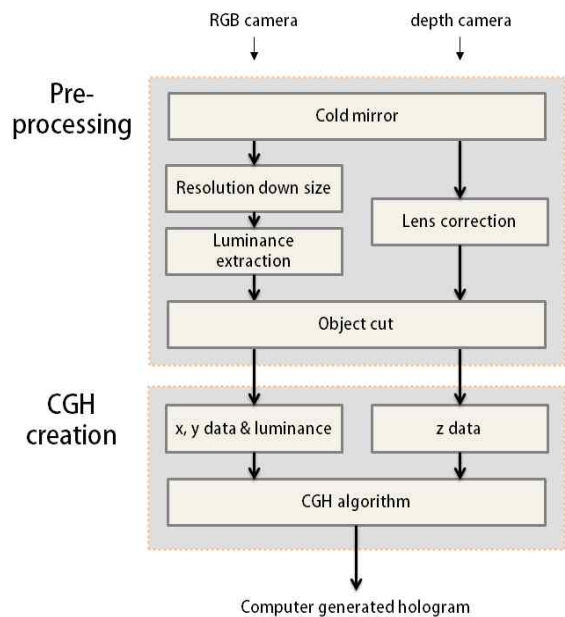


그림 4. CGH 생성 시스템의 구조

전처리 과정에서 먼저 RGB image의 resolution을 depth image의 resolution에 맞게 heigh를 downsize한다. 그다음 depth image의 weigh에 맞게 downsize한 RGB image를 자른다. 그 다음 CGH 생성에 중요한 luminance를 추출한다.

SR4000은 카메라의 특성상 카메라의 왜곡이 심하다. 이를 해결하기 위해서 SR4000의 depth image를 lens correction 한다. lens correction는 opencv의 라이브러리를 사용하였다. 이 과정을 걸친 후, 홀로그램으로 만들 object를 얻기 위해서 background를 자른다. 이 과정은 depth image의 depth를 이용하였다.

이 과정을 마친 후, CGH 생성에 필요한 data를 수집하여 CGH 알고리즘을 이용하여 CGH를 생성하였다.[3]

### 3. 실험 및 결과

그림 5는 수직리그를 사용한 카메라 시스템으로 획득한 영상들을 보이고 있다. (a)는 RGB 카메라로 통해 얻은 image를 depth resolution(b)에 맞게 해상도를 조정한 것이다. (c)는 RGB image에서 luminance 성분만을 추출한 것이며, (d)는 RGB영상과 깊이영상의 크기가 동일함을 보이기 위해 RGB image와 depth image를 겹친 영상이다(RGB image 투명도 50%).

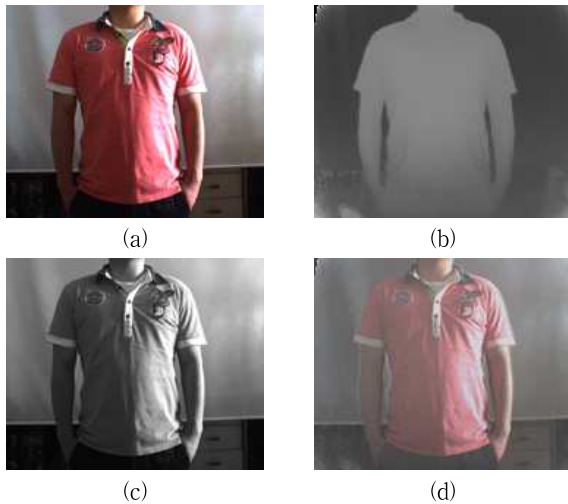


그림 5. 수직리그를 사용한 카메라 시스템으로 획득한 영상들: (a) RGB 영상 (크기조정), (b) depth 영상, (c) luminance 영상, (d) RGB와 depth 영상을 겹쳐놓은 영상

그림 6의 (a)와 (b)는 그림 5의 영상에서 배경부분을 제외한 물체 부분만을 추출한 것으로, (a)는 luminance 영상, (b)는 깊이영상을 각각 나타내고 있다. 그림 6 (c)는 그림 6 (a)와 (b)를 사용하여 계산한 CGH이며, (d)는 (c)를 복원한 영상이다.

### 4. 결론

본 논문에서는 홀로그램 화소들을 독립적으로 연산할 수 있는 CGH 알고리즘을 이용하여 CGH 생성에 필요한 같은 시점이면서 같은 해상도인 RGB + depth image를 얻을 수 있도록 시스템을 구축하여 디지털 홀로그램을 생성하였다. 기존에는 CGH 생성에 필요한 luminance 성분을 얻기 위해서 RGB image와 depth image를 따로 얻는 경우가 대부분이었다. 하지만 이 방법은 두 영상의 장면이 정확히 일치하지 않으면서 서로 해상도가 다른 경우가 대부분이었다. 최근에는 두 영상을 동시에 얻는 카메라가 출시되었는데 동일한 해상도를 갖고 있지만 depth image의 화질이 매우 떨어졌다.

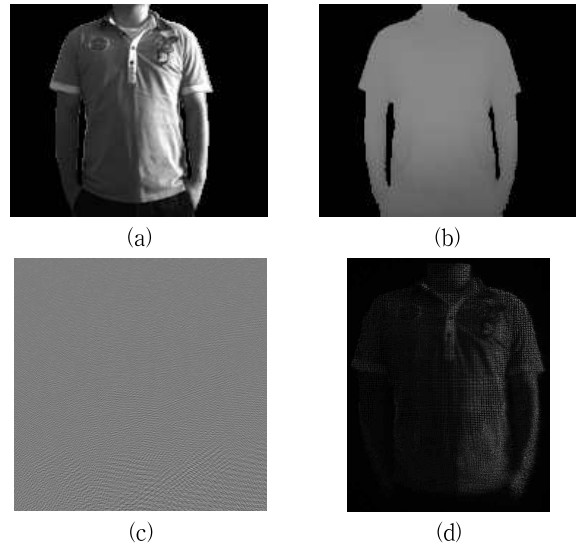


그림 6. CGH 생성 및 복원 예: (a) luminance 영상(물체 추출 결과), (b) depth 영상 (물체추출 결과), (c) 생성한 CGH, (d) (c)를 복원한 결과

이를 해결하기 위해서 가시광선과 적외선의 파장에 따라 투과율이 다른 cold mirror를 사용하여 같은 시점에 대한 고해상도 RGB 영상과 depth 영상을 획득하였다. 그 다음 전치리를 통해서 CGH 알고리즘에 필요한 정보를 얻은 후 CGH를 생성하였다. CGH에서 볼 수 있듯이 본 논문에서 제안한 시스템의 성능이 뛰어난을 알 수 있다.

### 감사의 글

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2012-0004985).

### 참고문헌

[1] T. Motoki, H. Isono, and I. Yuyama, "Present Status of Three-Dimensional Television Research," Proc. IEEE 83(7): 1009-1021(July 1995).

[2] J. K. Chung and M. H. Tsai, Three-Dimensional Holographic Imaging, John Wiley & Sons, Inc., 2002.

[3] Y.-H. Seo, H.-J. Choi, J.-S. Yoo, and D.-W. Kim, "A New Parallelizing Algorithm and Cell-based Hardware Architecture for High-speed Generation of Digital Hologram", Journal of Systems Architecture, Vol. 16. pp. 54-63, Jan. 2011.