깊이정보의 변환 및 합성 기법을 이용한 디지털 홀로그래픽 콘텐츠 저작

최현준* · 서영호** · 김동욱**

Digital Holographic Contents Manipulation using Convert and synthesize of Depth-map

Hyun-Jun Choi* · Young-Ho Seo** · Dong-Wook Kim**

본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 IT산업원천기술개발사업의 일환으로 수행하였음.
[KI002058, 대화형 디지털 홀로그램 통합서비스 시스템의 구현을 위한 신호처리 요소 기술 및 하드웨어 IP 개발]

요 약

최근 완전한 3차원 입체시를 구현하는 홀로그램에 대한 연구가 활발해지고 있으나, 홀로그램은 생성 비용이 많이 들어 콘텐츠의 확보가 어려운 단점을 갖고 있다. 이에 본 논문에서는 생성된 디지털 홀로그램 콘텐츠를 저작하여 새로운 디지털 홀로그램 콘텐츠를 확보하는 방법을 제시한다. 이 방법은 깊이정보를 조작하거나 합성하여 새로운 디지털 홀로그램 콘텐츠를 저작하는 방법이다. 제안한 방법을 검증하기 위해 여러 종류의 깊이정보를 조작하여 위치와 거리를 변경하고, 이를 컴퓨터-생성 홀로그램으로 만든 후 복원한 결과 조작한 위치와 거리에 정확히 물체상이 복원되는 것을 확인하였다.

ABSTRACT

Recently, research on hologram, which can realize perfect 3-dimensional imaging, becomes more active. But hologram has the defect that it costs a lot in generation. Thus, this paper proposes a method to generate a new digital hologram contents by manipulating the existing digital hologram contents. That is, this paper proposes the method to manipulating the digital hologram contents by manipulating and/or synthesizing the depth information to get a new digital hologram contents. The proposed methods have been experimented with various depth informations and digital hologram contents. For each kind of depth information, it has been manipulated for its position and distance. The result was converted to a digital hologram by the computer-generated hologram method and the resulting hologram was reconstructed.

키워드

깊이정보, 디지털 홀로그램, 컴퓨터-생성 홀로그램, 홀로그래픽 디스플레이

Key word

Depth-map, Digital hologram, Computer-generated hologram, Holographic display

* 종신회원 : 국립목포해양대학교 전자공학과

** 종신회원 : 광운대학교 실감미디어 연구소

*** 종신회원 : 광운대학교 실감미디어 연구소(교신저자, dwkim@kw.ac.kr)

접수일자 : 2013. 01. 02

심사완료일자 : 2013. 01. 24

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2013.17.4.1010>

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

홀로그래프는 은염 사진필름을 사용하여 물체의 영상을 기록하여 재생한다. 다만 이때 사용되는 홀로그래프 필름은 물체의 세밀한 부분까지 기록할 수 있도록 분해능(sampling rate)이 크다는 것이 일반 사진과 다를 뿐이다. 물체의 밝고 어두운 정도를 광파의 진폭으로 나타낸다면 물체의 위치는 그 광파의 위상으로 나타낼 수 있는데, 이 진폭과 위상을 모두 기록할 수 있어야 완전한 입체영상을 재현할 수 있다. 사진이 자연광 또는 형광등 등의 실내등 같은 가간섭성(coherence)이 낮은 광을 사용하여 카메라 렌즈로 필름에 상을 집속시켜 기록하는데 반하여 홀로그래프는 간섭이라는 광학적 원리를 이용하여 물체를 필름에 기록한다. 따라서 홀로그래프를 위해서는 레이저와 같은 가간섭성이 높은 빛을 사용한다. 간섭무늬의 형태로 물체의 영상이 기록된 사진필름을 홀로그래프라 하며 홀로그래프를 기록하여 입체영상을 복원하는 기술을 홀로그래피라고 한다. 홀로그래프에 기록된 간섭무늬(interference fringe)에 담겨진 물체의 정보는 회절(diffraction)이라는 광학적 원리를 이용하여 실제 공간상에 입체영상으로 재생시킬 수 있다[1].

3D 기술개발 사례에서 본 바와 같이 기술에 대한 수요가 증가해도 콘텐츠의 부족으로 방송 등에서 실제적인 사용서비스가 제대로 이뤄지지 못하는 경우가 있다[1]. 디지털 홀로그래프의 경우 3D 콘텐츠보다 더 고부가가치의 콘텐츠이기 때문에 콘텐츠의 부족현상이 더욱 두드러질 가능성이 높다. 최근 홀로그래프 복원영상에 대한 화질개선방법, 홀로그래프의 획득 및 복원시스템 등의 연구가 활발해 지고 있다[2]. 특히, 깊이정보와 RGB영상 정보를 이용해 PC에서 수학적인 연산에 의해 디지털 홀로그래프를 생성하는 컴퓨터-생성 홀로그래프(computer-generated hologram, CGH) 방법이 선호되고 있다.

CGH 방식은 이전의 광학적으로 두 광파의 간섭현상을 촬영하던 방식과 달리 복잡한 반복연산 과정을 거치므로 상당한 비용이 소요되는 고부가가치의 디지털 콘텐츠이다[3,4]. 예를 들어 200x200[pixel²] 해상도의 깊이정보와 RGB 영상데이터를 이용하여 1,920x1,080[pixel²] 해상도의 디지털 홀로그래프를 생성하기

위해서는 (200x200x1,920x1,080)번의 반복연산이 필요하다. 디지털 홀로그래프 서비스가 보다 더 보편화되기 위해서는 다양하고 풍부한 디지털 홀로그래픽 콘텐츠가 준비되어야 한다[3].

이에 본 논문에서는 깊이정보 영상을 재조합 및 조작하여 새로운 디지털 홀로그래프 콘텐츠를 얻을 수 있는 디지털 홀로그래픽 콘텐츠 저작 기술을 개발하였다. 본 논문에서는 CGH 기법으로 디지털 홀로그래프를 생성하는 것을 전제로 두 가지 이상의 깊이정보 영상을 크기조절, 원근 및 이동, 합성 등의 기법으로 저작하는 절차 및 방법을 소개한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 저작의 대상이 되는 깊이정보(depth-map)의 특성을 파악하고, 3장에서 깊이정보를 저작하는 기법들을 소개한다. 4장에서 실험 및 구현결과에 대하여 논의한 후, 5장에서 결론을 맺는다.

II. 깊이정보의 특성파악

2.1. 스테레오 정합 및 변환을 통해 획득한 깊이정보

깊이정보를 얻는 방법 중 가장 일반적인 방법은 스테레오 정합(stereo matching)하는 방법이다. 스테레오 정합방식은 3차원 공간상에 설치된 카메라의 기하학적 특성이 주어진 상태에서 카메라로부터 얻어진 한 장면에 대한 좌, 우영상간의 정합점을 찾아내고 그 두 점간의 거리를 찾아냄으로써 깊이정보를 얻는 방법이다. 이 두 점간의 거리를 시차 또는 변이(disparity)라고 한다. 스테레오 정합 방법은 기준영상(좌 영상 또는 우 영상)의 모든 화소에 대해 참조영상(우 영상 또는 좌 영상)에서 정합화소를 찾아야하기 때문에 연산량이 매우 많다.

뿐만 아니라 정합 자체의 정확도를 높이기 위해 각 화소의 정합을 위해 그 화소 주위의 부분 영상을 사용하는 대신 영상 전체를 사용하거나 많은 양의 부가적인 연산과정을 추가하여야하기 때문에 연산량이 급격히 증가한다. 그럼에도 불구하고 이 방법이 사용된 이유는 주어진 조건이나 환경에서 깊이정보를 획득할 다른 방법이 없기 때문이었다.

일반적으로 스테레오 카메라의 기하학적인 모델은

두 대의 카메라가 하나의 물체를 바라보고 있는 구조를 가지며 응용분야에 따라 다양한 형태를 나타낸다. 광축이 평행한 평행식과 광축이 수렴하는 수렴식 모델이 사용되지만, 복잡한 계산과 기하학적인 변형을 피하기 위해 주로 평행식 카메라가 사용된다. 그림 1에서 스테레오 정합방식으로 획득한 영상의 예를 보이고 있다.

그림 1. 스테레오 정합에 의한 깊이정보의 획득 예
(a) 스테레오 영상의 일부분 (b) ground truth 깊이정보
(c) 스테레오 정합방식으로 구한 깊이정보
Fig. 1 Example of depth-map acquisition using stereo matching; (a) one of the stereo image (b) ground truth depth map (c) depth map computed directly using stereo matching

2.2. TOF(time-of flight)방식의 깊이 카메라로 획득한 깊이정보

일반적인 TOF방식의 카메라는 LED 혹은 레이저 같은 광원과 이 광원으로부터 조사된 빛이 객체에 반사되어 나오는 신호를 검출하는 센서로 구성되어있다. 즉, 이 방식은 카메라에서 신호를 조사하고, 이 신호가 반사되는 신호의 상관도를 계산하여 거리로 환산하는 방식이다[5]. 그림 2에서는 깊이정보 카메라의 구조와 동작원리를 보이고 있다.

그림 2. TOF 깊이정보 카메라의 구조 및 원리[3]
Fig. 2 Structure and principle of TOF depth camera

이 카메라는 반사되어 나오는 신호로부터 거리정보를 구하기 위해서 조사신호와 반사신호의 상관도(cross-correlation)를 구한다. 이 방식은 빛의 속도, 조사된 신호의 주파수, 조사된 신호와 입사된 신호의 위상차를 이용해 계산하는 것으로 보다 더 자세한 내용은 [6]을 참고하기 바란다.

스테레오 정합방식과 TOF 카메라를 이용하는 방식은 모두 깊이정보를 제공하지만, 두 방식의 깊이정보 차이가 있다. 스테레오 정합방식을 사용하여 깊이정보

를 획득할 경우 카메라부터 객체까지의 거리가 변화하면 좌우 두 영상에 투영되는 대응점이 원근감에 의하여 변이차가 변화하기 때문에 객체의 크기뿐만 아니라 변이값도 변화한다. 그러나 TOF 카메라를 이용할 경우에는 객체까지의 거리를 신호의 왕복거리로 계산하기 때문에 객체까지의 거리가 변화하더라도 객체 내의 상대적인 깊이정보 값의 분포는 변하지 않는다. 그림 3에서 TOF 깊이카메라를 이용해 획득한 깊이정보 영상의 예를 보이고 있다.

그림 3(a)의 경우 카메라에서 객체까지의 거리는 100cm이고, 좌측영상은 획득한 원본 깊이정보 영상, 우측영상은 배경을 제거한 영상이다. 그림 3에서 보인 TOF 카메라를 이용해 획득한 깊이정보 영상의 실제 화소값의 분포를 그림 4에서 보이고 있다. 그림 4의 좌측영상들은 원본 깊이정보(그림 3의 좌측영상)의 히스토그램, 우측영상은 배경을 제거한 영상(그림 3의 우측영상)의 히스토그램이다.

그림 3. TOF 카메라를 이용해 획득한 깊이정보 영상의 예; 깊이정보 카메라로부터의 거리
(a) 100cm (b) 150cm (c) 200cm
Fig. 3 Example of depth-map acquisition using TOF camera; distance from depth camera
(a) 100cm (b) 150cm (c) 200cm

그림 4. TOF 카메라를 이용해 획득한 깊이정보 영상의 히스토그램; 깊이정보 카메라로부터의 거리
(a) 100cm (b) 150cm (c) 200cm
Fig. 4 Histogram of depth-map acquisition using TOF camera; distance from depth camera
(a) 100cm (b) 150cm (c) 200cm

단순히 히스토그램만을 살펴보면 원본 깊이정보와 객체의 깊이정보는 큰 차이가 없다. 하지만 깊이정보의 최소/최대값, 평균값, 표준편차에서는 큰 차이를 보이고 있다. 이는 TOF 카메라를 이용해 깊이정보를 획득할 경우 배경부분에 포함되어 있는 잡음, 깊이정보 측정오류 등의 잘못된 값들 때문에 발생하는 현상이다. 따라서 객체와 TOF 카메라 사이의 거리차(range distance)에 따른 정확한 깊이정보 값의 변화량을 측정하기 위해서는 배경부분을 제거하고 깊이정보 값만을 대상으로 분석이 이루어져야 한다. 실험결과 TOF 카메라와 객체의 거리가 1cm 멀어질 경우 깊이정보 값의 변화량은 0.04로 계산이 되었다. 이 결과를 이용해 아래의 식 (1)과 같은 결과를 얻을 수 있다.

$$z_T = z_D \pm (v_D \times 0.04) \quad (1)$$

여기서 z_T 는 변환된 깊이정보의 값, z_D 는 실제 깊이를 디지털로 변환한 결과, v_D 는 거리의 변화량(단위 [cm])을 나타낸다.

III. 깊이정보의 저작기법

3.1. 크기조절(resizing)

깊이정보 내의 윤곽선(edge)의 경우 RGB 영상의 윤곽선과는 달리 객체의 텍스처(texture) 정보까지는 포함하고 있지 않기 때문에 윤곽선의 양이 RGB 영상에 비해 상대적으로 적다. 하지만 깊이정보 내에 존재하는 윤곽선은 객체의 실제 윤곽을 보다 더 정확하게 표현하고 있다. 이는 그림 5에서 확인할 수 있다. 디지털 홀로그래픽 서비스 시스템의 경우 컬러변화에 의해 발생하는 윤곽선 보다는 객체와 배경의 거리차에 의한 윤곽선이 훨씬 더 중요하다고 볼 수 있다.

(a)

(b)

그림 5. (a) RGB 영상과 윤곽선 영상

(b) 깊이정보 영상과 윤곽선 영상

Fig. 5 (a) RGB image and edge-map

(b) depth-map image and edge-map

따라서 본 논문에서 구현한 깊이정보 저작 기법은 깊이정보의 확대와 축소 과정에서 발생하는 화질열화, 정보손실 등의 문제를 해결하는 방법을 포함하고 있다. 기존에 제안된 방법은 고해상도의 깊이정보를 얻기 위해서 저해상도의 깊이정보에 존재하는 화소의 깊이 값들을 활용하여 보간(interpolation)하는 방식이다. 본 연구팀은 기존의 양측 업샘플링(bilateral upsampling)에 거리변환(distance transform, DT)[7] 정보를 추가적으로 활용하여 선명도가 향상된 고해상도 깊이정보를 생성하였다[8]. 이 방법은 저해상도 깊이정보에서 윤곽선을 추출하여 에지맵(edge map)을 생성한다. 에지맵을 입력으로 거리변환하여 거리변환 맵(DT map)을 획득한 후, 이 정보를 양측 업샘플링에 적용하여 최종적인 고해상도 깊이정보를 생성한다. 자세한 방법은 [8]을 참고하기 바란다.

깊이정보의 축소는 일반적인 서브샘플링(sub-sampling)을 수행할 경우 영상의 세밀한 정보가 소실된다는 문제가 있다. 앞서 기술한바와 같이 디지털 홀로그래픽 서비스를 대상으로 하는 깊이정보 저작기법에서는 깊이정보의 윤곽선 정보가 매우 중요하다. 따라서 윤곽선 정보의 일부를 소실할 경우, 이를 디지털 홀로그램으로 변환하여 홀로그래픽 복원영상으로 재생하면 소실된 부분이 더욱 부각되어 화질에 큰 악영향을 끼칠 수 있다. 본 논문에서는 깊이정보의 축소과정에서 발생하는 문제를 해결하기 위해 1) 깊이정보에서 추출한 윤곽선 정보를 블러링(burring)과정을 거쳐 흐리게 처리한다. 2) 블러링된 윤곽선 정보와 깊이정보를 대상으로 서브샘플링을 수행한다. 3) 축소된 윤곽선 정보를 가중치(weight) 값으로 사용하여 축소된 깊이정보에 곱해준다.

3.2. 원근조절(accommodation)

공간상의 객체가 수평 이동하는 경우는 화면상에 나타나는 객체의 크기나 깊이정보 값이 동일하다. 따라서 이에 대한 상세한 설명은 생략한다. 하지만, 객체가 원근이동을 할 경우에는 객체의 크기나 깊이정보 값이 변하게 된다. 따라서 객체가 원근이동을 수행하는 것과 같은 효과를 내는 깊이정보 영상을 생성하기 위해서는 거리의 변화에 따른 깊이정보 값의 변화를 수학적으로 모델링할 필요가 있다.

깊이정보의 원근이동을 도식하면 그림 6과 같다. 여

기서 O_A 와 O_B 는 동일한 물체, 즉 특정 물체가 원근 이동한 것을 나타낸다. 이는 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다[3].

그림 6. TOF 깊이카메라로 획득한 깊이정보와 크기의 변화
Fig. 6 Depth and object size obtained by TOF depth camera

$$z_T = (2^n - 1) - z_D \quad (2)$$

이고, 여기서 z_T 는 역 변환된 깊이, z_D 는 실제 깊이를 디지털로 변환한 결과이며, n 은 깊이정보를 표현하기 위해 사용하는 디지털 비트 수이다. 이 표기방식에 의해 물체의 두께($\Delta z_A, \Delta z_B$)를 나타내면,

$$\Delta z_A = \Delta z_B \quad (3)$$

$$z_{A2} - z_{A1} = z_{B2} - z_{B1} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} & [(2^n - 1) - z_{T,A2}] - [(2^n - 1) - z_{T,A1}] \\ &= [(2^n - 1) - z_{T,B2}] - [(2^n - 1) - z_{T,B1}] \end{aligned} \quad (5)$$

가 된다. 따라서 물체의 이동에 대한 깊이정보의 변환은 다음과 같이 수행된다.

$$z_{T,A1} - z_{T,A2} = z_{T,B1} - z_{T,B2} \quad (6)$$

한편, 물체가 이동함에 따른 화면상의 물체의 크기

s_A 와 s_B 는

$$s_A = f \frac{h}{z_{A1}}, \quad s_B = f \frac{h}{z_{B1}} \quad (7)$$

이다. 여기서 h 는 물체의 실제 크기이며 f 는 카메라의 초점거리를 나타낸다. 따라서 이동 전후 화면상에 나타나는 물체의 크기의 관계는

$$s_A [(2^n - 1) - z_{T,A1}] = s_B [(2^n - 1) - z_{T,B1}] \quad (8)$$

로 나타낸다.

3.3. 합성(synthesis)

다양한 깊이정보 영상 콘텐츠를 생성하기 위해서는 여러 종류의 깊이정보 영상을 합성하여 새로운 깊이정보 콘텐츠를 만들어 낼 수 있어야 한다. 본 논문은 디지털 홀로그래프의 저작을 목적으로 하고, 디지털 홀로그래프를 CGH 연산방식으로 획득하는 것을 대상으로 하고 있다. CGH 연산에 사용되는 깊이정보는 일반적으로 TOF 방식의 깊이카메라로 획득한 깊이정보를 변환한 정보를 주로 사용한다. 그림 7에서 두 가지 이상의 깊이정보 영상을 합성하는 저작 순서를 보이고 있다.

그림 7. 깊이정보 합성 순서
Fig. 7 Synthesis procedure of depth-map

IV. 실험 및 구현결과

디지털 홀로그래프는 다음의 식 (9)와 같은 CGH 생성식을 그대로 사용하여 생성하였으며, 디지털 홀로그래프로부터 원 영상을 복원하는 방법은 시뮬레이션에 의한 방법과 광학 시스템에 의한 복원방법을 모두 사용하였다.

$$I(x, y, z) = \sum_j^N A_j \cos(k \sqrt{(px_\alpha - px_j)^2 + (py_\alpha - py_j)^2 + z_j^2}) \quad (9)$$

여기서 k 는 참조파의 파수(wave number)로 $2\pi/\lambda$, p 는 홀로그래프의 화소 크기(pixel pitch), x_α 와 y_α 는 홀로그래프의 좌표, x_j, y_j , 및 z_j 는 3차원 객체의 좌표를 나타내며, $I(x, y, z)$ 는 홀로그래프 값을 나타낸다.

그림 8은 실험에 사용한 영상복원을 위한 광학 시스템을 보이고 있다. 이 시스템은 광원인 레이저(Laser)와 거울(M), 빔 집속기(beam collimator, BC), 빔 확대기(beam expander, BE), 반거울(half mirror, HM), 그리고 공간광변조기(spatial light modulator, SLM)으로 구성되어 있다. SLM에 디지털 홀로그래프를 띄우고 홀로그래프를 생성할 때와 동일한 참조파를 레이저로 조사하면 원 영상이 복원된다. 이 시스템은 광축내(on-axis) 시스템이므로 복원된 영상이 레이저 광축 상에 맺히게 된다. 따라서 육안으로는 복원영상을 볼 수 없고 CCD 카메라로 촬영하여 보게 된다.

그림 8. 영상 복원에 사용한 광학 시스템
Fig. 8 Optical system used to reconstruct the image

TOF방식의 깊이카메라로 직접 깊이정보를 획득하는 방법을 위해서 MESA Imaging사의 SR4000 깊이카메라를 사용하여 직접 촬영하였다. 깊이정보 카메라에 대한 자세한 내용은 [6]을 참조하면 된다. 이 카메라로 촬영한 결과의 깊이정보는 간단한 프로그램으로 식 (2)의 값으로 변환하여 사용하였다. 그림 9는 이 깊이 카메라로 촬영한 깊이정보로 홀로그래프를 생성하고 이를 시뮬레이션 방법으로 복원한 예를 보이고 있다.

그림 10에서는 원본 깊이정보 영상(그림 10(a))의 해상도를 50%와 75%씩 줄인 후 이를 디지털 홀로그래프로 변환하여 재생한 홀로그래픽 복원영상들을 보이고

있다.

깊이정보의 해상도가 작아질수록 홀로그래픽 복원영상의 해상도 역시 선형적으로 작아지는 것을 확인할 수 있다. 또한, 홀로그래픽 복원영상의 얼굴부분을 보면 눈, 코, 입의 윤곽부분에서도 상당히 많은 열화가 일어나는 것을 확인할 수 있다. 이런 부분은 앞으로 좀 더 보완해야 할 것으로 생각된다.

그림 9. 깊이카메라로 획득한 깊이정보를 사용한 홀로그래프 생성 및 복원 예: (a) 우산의 깊이정보 (b) 다비드의 깊이정보 (c) 우산의 홀로그래픽 복원영상 (d) 다비드의 홀로그래픽 복원영상

Fig. 9 Examples for hologram generation and reconstruction for depth maps obtained by a depth camera: (a) depth map of Umbrella (b) depth map of David (c) holographic reconstructed image of Umbrella (d) holographic reconstructed image of David

그림 11에서는 TOF카메라를 이용하여 100cm 거리에 놓인 객체의 깊이정보 영상을 획득한 후, 이 데이터를 조작하여 150cm와 200cm 거리에 놓인 객체의 깊이정보로 변형(그림 11(b), 11(c))한 것이다. 좌측의 영상은 깊이정보, 우측은 좌측 깊이정보 영상으로 재생한 홀로그래픽 복원영상이다. 조작된 결과를 보면 단순한 크기조절과는 달리 원본 깊이정보의 해상도에는 변화가 없고, 객체의 크기와 깊이정보 값들이 변하는 것을 확인할 수 있다.

그림 12에서는 두 개의 깊이정보 영상을 합성하는 예를 보이고 있다. 그림 12(a)는 합성한 깊이정보 영상, (b)는 (a)를 사용하여 CGH 연산으로 생성한 디지털 홀로그램, (c)는 (b)를 재생한 홀로그래픽 복원영상이다. 그림 12에서 확인할 수 있듯이 다른 종류의 깊이정보 영상을 합성하여 새로운 디지털 홀로그래픽 콘텐츠를 저작할 수 있다.

그림 10. 깊이정보 영상의 저작(크기 조절)
 (a) 원본 깊이정보와 홀로그래픽 복원영상 (b) 원본 깊이정보의 크기를 50%줄인 영상과 홀로그래픽 복원영상 (c) 원본 깊이정보의 크기를 75%줄인 영상과 홀로그래픽 복원영상
 Fig. 10 Manipulating the depth information(resizing)
 (a) original depth-map and holographic reconstruction image (b) resizing depth-map(50%) and holographic reconstruction image (c) resizing depth-map(75%) and holographic reconstruction image

V. 결 론

디지털 홀로그래픽 콘텐츠는 디지털 홀로그램의 생성 시 시간과 비용으로 인해 고품질의 다양한 콘텐츠를 확보하기가 매우 어렵다. 이를 해소하기 위해 본 논문에서는 깊이정보영역에서 깊이정보를 조작하고 합성하여 새로운 디지털 홀로그램 콘텐츠를 저작하는 방법을 제시하였다.

그림 11. 깊이정보 영상의 저작(원근조절)
 (a) 원본 깊이정보(100cm)와 홀로그래픽 복원영상 (b) 원본 깊이정보의 거리를 변화시킨(-50cm) 영상과 홀로그래픽 복원영상 (c) 원본 깊이정보의 거리를 변화시킨(-100cm) 영상과 홀로그래픽 복원영상
 Fig. 11 Manipulating the depth information(accommodation)
 (a) original depth-map and holographic reconstruction image (b) the result from changing(-50cm) the depth of (a) and holographic reconstruction image (c) the result from changing(-100cm) the depth of (a) and holographic reconstruction image

TOF 카메라를 이용해 획득한 깊이정보 영상을 대상으로 크기조절, 원근, 합성 등의 방법으로 새로운 홀로그래픽 콘텐츠를 생성하였다. 홀로그래프의 생성은 연산에 의한 CGH 방법을 사용하였으며, 제시한 깊이정보 조작 및 합성 방법은 다양한 깊이정보를 대상으로 실험을 수행하였으며, 그 결과 조작한 깊이정보에 따라 물체가 변화된 거리에서 복원되는 것을 확인하였다.

그림 12. 홀로그래프 합성에 의해 디지털 홀로그래프 콘텐츠를 생성한 예: (a) 깊이정보 (b) 생성한 디지털 홀로그래프 (c) 홀로그래픽 복원영상

Fig. 12 Example to obtain a digital hologram content by synthesizing hologram contents: (a) synthesizing depth informations (b) after synthesizing generated digital hologram (c) after synthesized reconstructed holographic image

본 논문에서는 물리 및 광학분야에서만 연구주제로 다뤄져 왔던 홀로그래피 기술을 전자적인 영상신호처리를 사용하여 디지털 홀로그래프 콘텐츠 저작을 위한 영상 신호처리 분야를 새롭게 제안하였으며 홀로그래프 콘텐츠를 효율적으로 생성할 수 있다는데 큰 의미가 있다.

참고문헌

- [1] S. A. Benton, and V. M. Bove, Jr, "Holographic Imaging," Wiley Inter-Science, 2008.
- [2] H. M. Ozaktas, and L. Onural, eds., "Three-Dimensional Television Capture, Transmission, Display Series: Signals and Communication Technology," Springer, 2008.
- [3] 홍기성, 서영호, 김동욱, "디지털 홀로그래프 콘텐츠의 저작 및 합성", 한국정보통신학회논문지, 제16권 제1호, pp. 1-12, 2012년 1월.
- [4] 김보라, 최현준, "깊이정보를 위한 암호화 기술", 2012년 한국방송공학회 추계학술대회, P1-3, 2012.
- [5] http://en.wikipedia.org/wiki/Time-of-flight_camera
- [6] SRR4000Data Sheet, <http://www.mesa-imaging.ch/prodview4k.php>, MESA Imaging, Oct. 2010.
- [7] G. Borgefores, "Hierarchical chamfer matching: a parametric edge matching algorithm," IEEE T. Pattern Anal. Mach. Intell., Vol. 10 No. 6, pp. 849-865, 1988.
- [8] 장성은, 이동우, 김성열, 최황규, 김만배, "선명도를 향상시킨 깊이맵 업샘플링 방법", 방송공학회논문지, 제17권 제6호, pp. 933-944, 2012년 11월.

저자소개

최현준(Hyun-Jun Choi)

2003년 2월 : 광운대학교 전자재료 공학과 졸업(공학사)

2005년 2월 : 광운대학교 일반대학원 졸업(공학석사)

2009년 2월 : 광운대학교 일반대학원 졸업(공학박사)

2009년 3월 ~ 2009년 8월 : 광운대학교 실감미디어 연구소 박사후 연구원

2009년 9월 ~ 2010년 2월 : 광운대학교 실감미디어 연구소 연구교수

2010년 3월 ~ 2011년 7월 : 안양대학교 조교수

2011년 8월 ~ 현재 : 국립목포해양대학교 전자공학과 조교수

※관심분야: 영상압축, 워터마킹, 암호학, FPGA/ASIC 설계, 디지털 홀로그래피

서영호(Young-Ho Seo)

1999년 2월 : 광운대학교 전자재료
공학과 졸업(공학사)
2001년 2월 : 광운대학교
일반대학원 졸업(공학석사)

2000년 3월 ~ 2001년 12월 : 인티스닷컴(주) 연구원
2004년 8월 : 광운대학교 일반대학원 졸업(공학박사)
2003년 6월 ~ 2004년 6월 : 한국전기연구원 연구원
2004년 12월 ~ 2005년 8월 : 유한대학 연구교수
2005년 9월 ~ 2008년 2월 : 한성대학교 조교수
2008년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 교양학부 부교수
※ 관심분야 : 2D/3D 영상 및 비디오 처리, 디지털
홀로그램, SoC 설계, 워터마킹/암호화

김동욱(Dong-Wook Kim)

1983년 2월 : 한양대학교
전자공학과 졸업(공학사)
1985년 2월 : 한양대학교 대학원
졸업(공학석사)

1991년 9월 : Georgia 공대 전기공학과 졸업(공학박사)
1992년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 전자재료공학과정교수.
광운대학교 신기술 연구소 연구원
2000년 3월 ~ 2001년 12월 : 인티스닷컴(주) 연구원
2009년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 실감미디어 연구소장
※ 관심분야 : 디지털 VLSI Testability, VLSI CAD, DSP
설계, 디지털 홀로그래피