
하이브리드 영상획득 장치를 이용한 초다시점 영상 디스플레이 시스템

최현준* · 장석우** · 이숙윤*** · 김재식****

Display System of Ultra-view Image using Hybrid Image Pickup System

Hyun-Jun Choi* · Seok-Woo Jang** · Suk-Yun Lee*** · Jae-Sik Kim****

이 논문은 2011년도 산학협동재단의 학술연구비 지원을 받아 수행된 연구임.

요 약

3D 산업이 발달하고 3D와 관련된 콘텐츠 및 장비가 점차 보편화 되면서 사람들은 3D 다음 세대의 미디어 및 서비스에 대한 관심을 보이고 있다. 많은 사람들은 그 강력한 후보자로 디지털 홀로그램을 생각하고 있다. 홀로그램 기술은 일반적인 비디오 시스템들과 마찬가지로 획득(혹은 생성), 처리, 그리고 재생으로 나누어질 수 있다. 본 논문에서는 하이브리드 영상획득 장치를 이용한 디지털 홀로그래픽 디스플레이 시스템에 대해 논의하고 새로운 시스템의 구조를 제안한다. 제안한 방식을 통해서 다양한 해상도를 갖는 디스플레이, 수신단의 연산 능력, 그리고 네트워크의 대역폭에 따라 적응적으로 홀로그래픽 비디오를 서비스할 수 있다는 것을 보였다.

ABSTRACT

People have been interested in the next generation media and service over 3D by development of 3D industry and generalization of 3D-related content and equipment in recent year. Many researchers predict that a strong candidate is digital hologram. Holographic technology is classified to capture(or generation), processing, and display(or reconstruction). This paper discusses the digital holographic display system using hybrid image pickup system and proposes a new structure of digital holographic display system. Through the proposed method a digital hologram can be scalably serviced according to display equipments with various resolutions, computing power of decoding part, and network bandwidth.

키워드

디지털 홀로그래피, 구조광 카메라, 다시점 카메라

Key word

Digital holography, Structured-light camera, Multi-view camera

* 종신회원 : 목포해양대학교 전자공학과
** 정회원 : 안양대학교 디지털미디어학과
*** 정회원 : 메트로비전
**** 정회원 : (주)소노비전 (교신저자: 김재식 hulhaha@paran.com)

접수일자 : 2012. 02. 02
심사완료일자 : 2012. 03. 05

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2012.16.6.1285>

© 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.

I. 서 론

3차원 입체 비디오 서비스는 차세대 정보통신서비스의 핵심으로 사회 선진화와 더불어 수요 및 기술개발 경쟁이 치열한 고도의 최첨단 기술이며, 그 최종목표는 완전한 입체 홀로그램 서비스이다. 이 기술은 정보통신, 방송, 의료, 교육훈련, 군사, 게임, 애니메이션, 가상현실, CAD, 산업기술 등 응용분야가 매우 다양하며, 이에 대한 중요성과 필요성 때문에 관련 연구가 국외에서는 이미 활발히 진행되고 있다[1].

인간의 착시현상을 이용해 허공에 입체영상을 띄우는 홀로그램 원리는 이미 19세기 후반에 등장했다. 1870년대 영국에서는 거울과 투명한 막을 교묘하게 설치하면 빛이 반사되면서 허공에 무엇인가 떠있는 듯 보인다는 사실을 발견했다. 이 기술은 극장에서 귀신놀이를 하는 데 활용돼 화제를 모았고 ‘페퍼스 코스트(Pepper’s Ghost)’라고 불렸다. 현대적인 홀로그램은 두 개의 레이저광이 만나 일으키는 빛의 간섭효과를 이용한 3차원 이미지를 기록하는 것이다[2].

2010년은 TV도 영화도 입체영상을 보여주는 3D가 대세다. 그렇다면 원근감이 느껴지는 3D TV의 입체영상과 홀로그램의 차이는 무엇인가? 홀로그램은 시청하는 위치에 따라 입체적인 모습이 달라진다는 것이다. 즉 어떤 위치에서는 사물의 왼쪽이 보이고 장소를 옮기면 정면과 오른쪽 모습이 보인다. 현재 출시되는 3D TV는 편광안경을 써야만 원근감을 느낄 수 있는 영상을 시청할 수 있다. 3D TV에 비친 영상은 위치를 옮겨도 다른 모습이 등장하지는 않는다. 하지만 홀로그램은 원래의 3차원 입체상을 공간상에 정확히 재현할 수 있는 가장 이상적인 입체 시각 시스템이다. 이처럼 압도적인 현실감을 구현하는 홀로그램의 가장 큰 단점은 실제 크기의 입체영상을 구현하려면 대형 광학설비가 필요하며 기존 영상매체보다 훨씬 많은 데이터를 요구한다는 것이다.

하지만 최근 광통신 데이터 전송량은 기하급수적으로 늘어나고 홀로그램 전용스크린과 같은 광학설비 가격도 크게 저렴해지고 있어 홀로그램의 대중화는 그리 멀지않다[3].

홀로그램 서비스는 기본적으로 2020년 이 후에 본격적으로 시행될 것으로 예측하고 있으며, 2015년경부터

홀로그램 획득기술을 필두로 표준화작업에 돌입할 것으로 예상하고 있다. 이와 같은 로드맵은 기 연구를 진행 중인 선진국들의 홀로그램 연구에 기반을 둔 것이므로 2015년 이전에 홀로그램에 대한 기술수준을 선진국 대열에 올려놓아야 그들과 대등한 입장에서 기술경쟁력을 발휘할 수 있다.

본 논문에서는 구조광(structured-light) 카메라와 다시점(multi-view) 카메라를 기반으로 하는 초다시점(디지털 홀로그래픽 영상) 시스템을 제안한다. 이 시스템은 구조광 카메라를 이용해 깊이정보를 획득한 후 CGH(computer-generated hologram) 기법으로 디지털 홀로그램을 생성한다[4]. 생성한 디지털 홀로그램은 SLM(spatial-light modulator)과 광학시스템을 이용해 디지털 홀로그래픽 복원영상으로 디스플레이 된다[5].

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 하이브리드 영상획득 장치에 대해 설명하고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 하이브리드 카메라를 이용한 초다시점 영상 디스플레이 시스템과 세부기술들에 대해 설명한다. 4장에서는 제안한 시스템을 이용해 실제로 홀로그래픽 복원영상을 재생하는 실험결과를 보이고, 5장에서 결론을 맺는다.

II. 하이브리드 영상획득 장치

본 장에서는 초다시점 영상인 홀로그래픽 영상을 재생하기 위한 실사정보 획득하기 장치들에 대해 설명한다. 구체적으로 구조광 카메라와 다시점 카메라 시스템에 대해 설명한다.

2.1. 구조광 카메라

구조광 3차원 기법이란 한쪽에서 프로젝터와 광원을 사용하여 코드화된 패턴 영상을 연속적으로 투영하고 다른 한 쪽에서 카메라를 통해 패턴이 투영된 장면의 영상을 획득한 후, 카메라와 프로젝터 간의 대응점을 구하여 삼각법으로 3차원 거리를 계산하는 기법이다. 이는 벽과 같이 텍스처가 존재하지 않는 물체는 3차원 측정이 불가능한 기존의 수동 스테레오 기법의 단점을 극복한 것으로, 카메라와 프로젝터의 대응점을 추출함

으로써 물체의 표면이나 모양에 관계없이 3차원 측정이 가능하다[6].

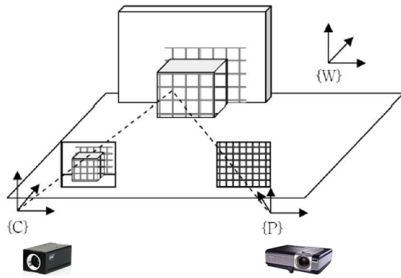


그림 1. 구조광 카메라
Fig. 1 Structured-light camera

2.2. 프로젝터 제어 및 패턴 생성부

구조광 3차원 기법은 패턴을 투사하는 광원부를 필요로 한다. CCTV와 같은 고속 시스템에 사용하기 위해서는 프로젝터를 고속으로 제어하고 패턴을 생성할 수 있는 모듈을 필요로 한다. 본 논문에서는 프로젝션부를 위해 DLP(digital light processing) 프로젝터를 사용하고 이를 하드웨어(hardware)로 제어하고 패턴을 생성할 수 있는 시스템을 구축하였다. DLP 프로젝터의 핵심 부품은 DMD(digital micromirror device) 모듈이다. DMD 모듈은 거울(mirror)들의 on/off(1 또는 0)에 따라서 빛이 렌즈를 통하여 투사되는 방식이다.

일반적인 DLP 프로젝터는 노트북이나 모니터의 VGA 케이블을 통하여 영상이 투사되는 용도로 사용된다. 그러나 본 시스템에서는 프로젝터는 노트북이나 모니터와 같은 멀티미디어 장비에 연결할 경우 고속으로 제어할 수가 없고, 카메라 시스템과의 동기를 제어하기가 어렵다. 따라서 본 시스템에서는 VGA 인터페이스의 구동이 가능한 회로를 구현하여 DMD를 제어하여 프로젝터부를 구성하였다.

III. 제안하는 시스템

본 장에서는 제안하는 하이브리드 영상획득 장치를 이용한 초다시점 영상 디스플레이 장치의 전체 구조와 세부기술들에 대해 설명한다.

3.1. 전체 시스템의 구조

그림 2에서는 본 논문에서 제안하는 시스템의 개념도를 보이고 있다. 이 시스템은 구조광 카메라 혹은 다시점 카메라 시스템을 이용하여 깊이정보를 획득한 후 CGH 기법으로 디지털 홀로그램을 생성한다. 이를 SLM에 디스플레이한 후 광학 시스템을 이용해 홀로그래픽 복원 영상을 재생하는 시스템이다.

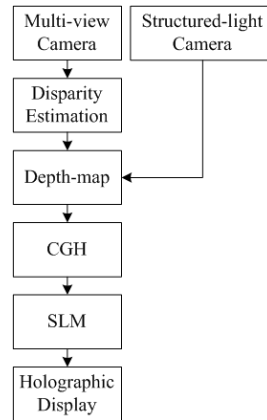


그림 2. 시스템도
Fig. 2 Block diagram of system

3.2. 세부기술

3.2.1. 깊이정보 추출

본 논문에서는 에지 정보를 사용한 동적 계획법 기반의 변이 추정 방법과 비용행렬 생성 시, 스트리킹(streaking)의 원인이 되는 연속적인 경로 탐색에 대한 신뢰성을 검증하기 위한 알고리즘을 제안하였다. 이전에도 신뢰성을 검증하기 위한 방법은 제안되었으나, 본 논문에서는 보다 효율성을 높이기 위하여 영상의 특징 정보를 이용하여 연속적인 경로 탐색에 대한 신뢰성을 확인하여 최적의 변이 값을 할당 받을 수 있도록 하였다. 영상의 특징 정보로는 영상의 경계를 사용하였다.

그림 3과 같이 R(red), G(green), B(blue), White의 네 가지 채널로 분할하고, 소벨 마스크를 이용하여 채널별 경계 정보를 구하였다. 영상을 분할할 때, 보다 정확한 영상의 성분을 얻기 위해서 R, G, B 채널 이외에 White 채널을 추가하여 분할하였다. White 채널은 R, G, B 채널에 속하지 않은 애매모호한 성분들을 추려내었다. 경계 부분을 정확하게 추출한다는 것은 쉽지 않다.

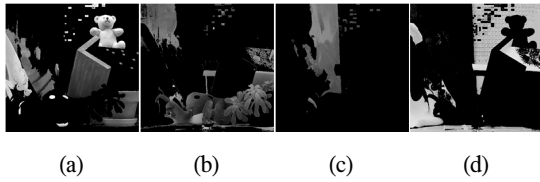


그림 3. 영상 분할; (a) R, (b) G, (c) B, (d) White
Fig. 3 Image segmentation; (a) R, (b) G, (c) B, (d) White

본 논문에서는 연속적인 경로에 대한 이웃 화소값과의 차이를 확인하면서 경계 지점을 고려하여 연속적인 경로에 대한 신뢰성을 점검하였다. 비용 행렬을 생성한 후, 역 추적과정에서 화소값과의 차이가 정해 놓은 문턱치 이상인 경우, 그 위치의 화소들은 다른 객체간의 화소라고 인정하고 식 (1)과 (2)를 이용하여 올바른 경로에 대한 신뢰성을 확인하며 변이 정보검색을 실시한다. 경계 지점은 각 채널의 경계 정보를 이용하였다. 현재 지점이 연속적인 경로에 해당할 때, 각 채널의 해당 하는 화소 위치를 확인한다.

화소 위치가 확인되면 그 지점이 경계에 해당하는지를 점검한다. 만일 그 화소의 위치가 경계 지점이라면 연속적인 경로를 인정하고, 경계 지점이 아니라면 연속적인 경로에 대해 재탐색을 한다. $I(i,j)$ 는 원영상의 화소값을 말하며, k 는 정해놓은 문턱치 이상이면 부여되는 패널티 값이다.

$$DSI(i,j) = Penalty \times DSI(i,j) \quad (1)$$

$$Penalty = \begin{cases} 0 & : |I(i,j) - I(i-1,j)| = 0 \\ 1 & : |I(i,j) - I(i-1,j)| < threshold \\ k & : |I(i,j) - I(i-1,j)| > threshold \end{cases} \quad (2)$$

3.2.2. 컴퓨터-생성 홀로그램

디지털 홀로그램은 그림 4와 같이 광학 시스템을 이용해 디지털 데이터로 획득할 수 있지만 이러한 광학 시스템을 수학적으로 모델링한 연산(식 (3))에 의해 생성할 수도 있다. 이러한 수학적 연산에 의해 생성된 홀로그램을 CGH라고 한다. 이 기법은 물체의 광원에 해당하는 물체파(object wave)의 표면을 디지털화된 화소로 이루어진 한 디지털 화면을 사용하여 식 (3)을 이용하여 계산된다[7].

$$I_{\alpha} = \sum_j^N A_j \cos(k \sqrt{(px_{\alpha} - px_j)^2 + (py_{\alpha} - py_j)^2 + z_j^2}) \quad (3)$$

여기서 a 와 j 는 홀로그램과 3차원 객체, k 는 참조파의 파수(wave number)로 $2\pi/\lambda$ 로 정의되고, p 는 홀로그램의 화소 크기(pixel pitch), x_{α} 와 y_{α} 는 홀로그램의 좌표, x_j , y_j , 및 z_j 는 3차원 객체의 좌표를 나타낸다.

본 논문에서는 구조광 카메라와 다시점 카메라를 이용하여 깊이정보를 획득한 후 식 (3)을 이용하여 디지털 홀로그램을 생성하였다.

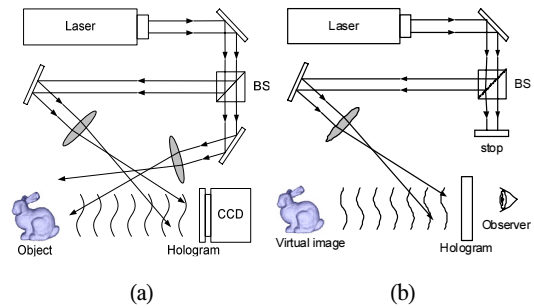


그림 4. 디지털 홀로그램의 획득 및 객체 재생
(a) 획득, (b) 객체 재생

Fig. 4. Acquisition and reconstruction of digital hologram; (a) acquisition, (b) reconstruction

3.2.3. 홀로그래픽 디스플레이 시스템

그림 5에서 실제로 제작한 홀로그래픽 디스플레이 시스템을 보이고 있다. 관측자는 좌측 중앙에 놓인 CCD 카메라의 위치에서 홀로그래픽 복원영상을 관찰할 수 있다. 이 시스템은 하이브리드 영상획득 장치를 이용하여 깊이정보를 생성한 후 PC에서 CGH 기법으로 디지털 홀로그램을 생성한다. 이 홀로그램을 SLM에 디스플레이 한 후 532[nm]의 레이저를 조사하여 그림 5의 우측방향에서 홀로그래픽 복원영상(holographic reconstruction image)를 관찰하게 된다.

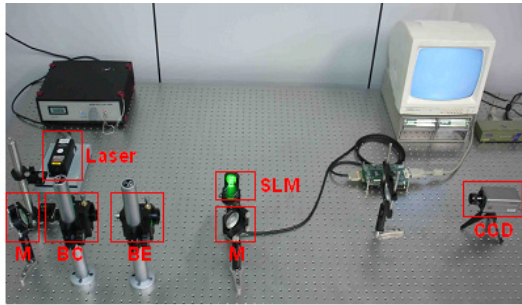


그림 5. 디지털 홀로그래픽 재생 시스템
Fig. 5 System for Digital holographic reconstruction

표 1. 디지털 홀로그램의 복원을 위한 광학 파라미터들

Table. 1 Optical parameter for digital holographic reconstruction

파라미터 종류		단위
SLM	화소크기(pixel pitch)	10.4[um2]
광학 재생	해상도(resolution)	1,280×1,024[pixel2]
	반사식/투과식	반사식
	참조파 (reference wave length)	532nm (Green Laser)
	복원거리 (reconstruction distance)	1,000[mm]
	샘플링율(sampling rate)	4

IV. 구현 및 실험결과

그림 6에서는 구조광 카메라를 이용해 획득한 실사 깊이정보를 보이고 있다. 이 깊이정보는 8-bit gray-scale로 되어 있고, 6(a)는 170x169[pixel², grey-scale], 6(b)는 180x383[pixel², grey-scale]의 해상도로 된 영상들이다.

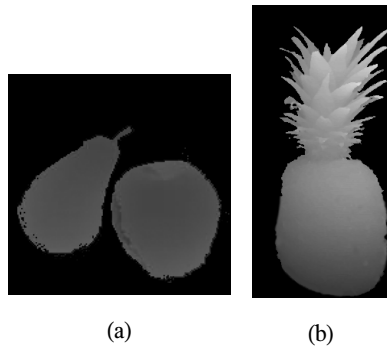


그림 6. 실험영상
Fig. 6 Experimental images

표 1에서는 홀로그래픽 복원을 위한 광학 시스템의 파라미터 값들을 보이고 있다. 본 시스템의 구현에 사용된 SLM은 1,280×1,024[pixel²] 해상도를 갖고, 하나의 화소크기는 10.4[um²]인 반사식으로 된 재생장치이다. 레이저 광원은 532[nm] 파장의 녹색계열을 사용하였고, 홀로그래픽 복원영상이 재생되는 거리는 SLM으로부터 약 1,000[mm]이다.

그림 7에서는 그림 6에서 보인 깊이정보를 대상으로 CGH 기법으로 생성한 디지털 홀로그램(그림 7(a),(b))과 이를 광학시스템을 이용해 복원한 홀로그래픽 복원영상의 일부(그림 7(c),(d))를 보이고 있다.

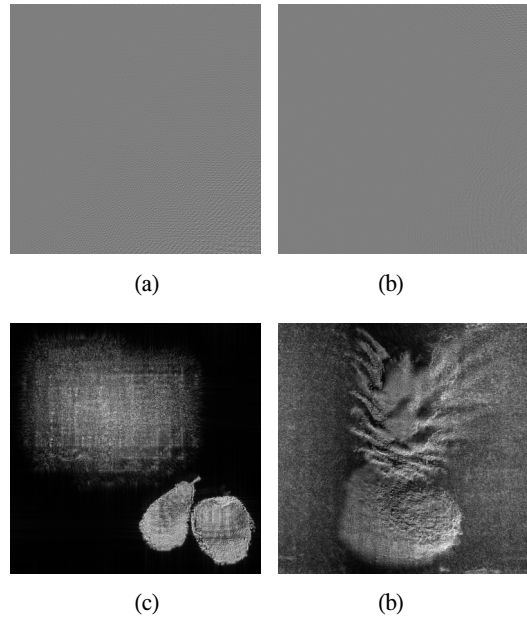


그림 7. 실험결과 영상; 디지털 홀로그램(a,b), 복원영상(c,d)

Fig. 7 Images of experimental results; digital hologram(a,b), reconstruction image(c,d)

V. 결론

본 논문에서는 구조광 카메라와 다시점 카메라를 이용해 실사장면의 깊이정보를 획득하고, 이 정보를 기반으로 디지털 홀로그램을 생성한 후 홀로그래픽 복원영상을 재생할 수 있는 디지털 홀로그래픽 디스플레이 시스템을 제안하였다. 실험결과에서 보인바와 같이 제안한 시스템으로도 고품질의 홀로그래픽 복원영상을 재생할 수 있음을 확인할 수 있었다.

참고문헌

- [1] 유지상, “3D 영상시대의 전망”, 한국통신사업자연합회 BIZ Story, Vol. 52, pp. 66-71, 2010년 4월.
- [2] D. E. Smalley, Q. Y. J. Smithwick, and V. M. Bove, Jr., “Practical Holography XXI,” in Proc. of SPIE 6488, 2007.
- [3] B. Javidi and F. Okano, “Three-dimensional Television, Video, and Display Technologies,” Springer-Verlag, 2002.
- [4] T. Shimobaba, T. Ito, N. Masuda, Y. Ichihashi, and N. Takada, “Fast calculation of computer-generated-hologram on AMD HD5000 series GPU and OpenCL,” Opt. Express, Vol. 18, pp. 9955 - 9960, May 2010.
- [5] Y. H. Seo, H. J. Choi, J. S. Yoo, and D. W. Kim, “Cell-based hardware architecture for full-parallel generation algorithm of digital holograms,” Opt. Express, Vol. 19, pp. 8750-8761, Apr. 2011.
- [6] C. Rocchini, P. Cignoni, C. Motani, P. Pingi, and R. Scopigno, “A low cost 3D scanner based on structured light,” EUROGRAPHICS 2001, Vol. 20, No. 3, 2001.

저자소개

최현준(Hyun-Jun Choi)

한국정보통신학회 논문지
제16권 제5호 참고



장석우(Seok-Woo Jang)

2000년 8월: 숭실대학교대학원
컴퓨터학과 (공학박사)
2009년 3월 - 현재: 안양대학교
디지털미디어학과 교수

※ 관심분야: 로봇비전, 증강현실, HCI, 2D/3D
영상처리, 패턴인식, 이러닝 등



이숙윤(Suk-Yun Lee)

2007년: 성균관대 공학박사
2000년 - 2001년: LG전자 연구원
2007년 - 2010년: 성균관대
연구교수

2010년 - 현재: 메트로비전 대표

※ 관심분야: Computer Vision, 3D Scanner, Image
Processing, HW 설계, System on chip,



김재식(Jae-Sik Kim)

2010년 8월: 광운대학교대학원
전자재료공학과 (공학박사)
2011년 3월 - 현재: (주)소노비전
수석연구원

※ 관심분야: 증강현실, 2D/3D 영상처리, RFID, USN