

VHOE광학판을 이용한 다시점 스테레오 입체영상

디스플레이 시스템

VHOE-based Multi-view Stereoscopic 3D Display System

조병철, 구정식, 김승철, 김은수

Byung-Chul Cho, Jung-Sik Koo, Seung-Cheol Kim, Eun-Soo Kim

Abstract

The experimental model of the 8-view stereoscopic display system using the photopolymer-based VHOE is proposed. At first, the VHOE is implemented by angle-multiplexed recording of 8-view's diffraction gratings using the optimized exposure-time scheduling scheme in the photopolymer (HRF-150-100) and then, the VHOE-based 8-view stereoscopic display system is implemented by sequentially synchronizing the incident angles of the reference beam of the VHOE with the 8-view stereo images on the LCD panel. Accordingly, from some experimental results using 8-view images generated by the toed-in stereo camera system, it is found that 8-view stereo images can be diffracted to eight different directions time-sequentially and there is some disparity between the stereo images.

Key Words : Photopolymer, VHOE, 3D display system, Angle-multiplexed

1. 서 론

최근 입체 영상 디스플레이 기술이 선진국을 중심으로 활발히 연구 개발되고 있다^[1]. 대표적인 기술로는 우리 눈의 양안시차를 이용하는 렌티큘라(lenticular)방식^[2], 패럴랙스베리어(parallax barrier)방식^[3], 광학판 방식(optical element)등과 Full Parallax를 제공하는 체적형 입체 디스플레이 방식인 IP(integral photography)^[4] 방식 등이 제시되어 왔다. 이 중 렌티큘라 및 패럴랙스 베리어 방식은 무안경 입체 디스플레이 방식으로서 가장 많은 연구가 진행되어 왔으나 공간 다중화 방식에 의한 시점의 제한과 주변 소자의 한계 등으로 자연스러운 입체 디스플레이 시스템의 구현이 제한되고 있다.

따라서, 본 논문에서는 자연스러운 3D 영상 디스플레이 구현을 위한 새로운 접근방법으로 VHOE(volume holographic optical element) 광학판을 이용한 다시점 스테레오 3D 디스플레이 시스템의 구현 모델을 제시하고자 한다.

2. VHOE 기반의 다시점 3D 디스플레이 시스템

VHOE를 이용한 다시점 3D 디스플레이 기술^{[5][6]}은 체적 홀로그래프의 다중화 기록 특성을 이용하여 필요한 시점의 개수만큼의 회절격자를 체적 홀로그래프에 다중 기록하여 VHOE 광학판을 구현한 후, 고속의 평판 디스플레이 소자에 입력된 다시점 영상들을 다중화된 회절격자의 기준범과 동기를 맞추어 시분할적으로 입사시킴으로써 다시점의 입체영상을 공간적으로 디스플레이하는 기술이다. 여기서, 필요한 만큼의 다시점 스테레오 영상을 시분할적으로 디스플레이 하기 위해서는 시점영상과 일치하는 개수의 회절격자를 효과적으로 저장하고

광운대학교 전자공학과
(서울시 노원구 월계동 447-1)
FAX : 82-2-94-5979
E-mail : iron@explore.kwangwoon.ac.kr

재생할 수 있는 홀로그래픽 다중화 기록 기술이 요구된다. 그림 1은 VHOE 광학판 구현을 위한 다시점의 회절격자 기록 및 재현과정을 각각 나타낸 것이다. 즉, 시점 수만큼의 회절격자를 광 폴리머에 다중화 기록하여 VHOE 광학판을 만든 후, 여기에 임의의 시점 영상들을 시분할적으로 입사시킴으로서 다시점의 스테레오 입체 영상을 디스플레이할 수 있다.

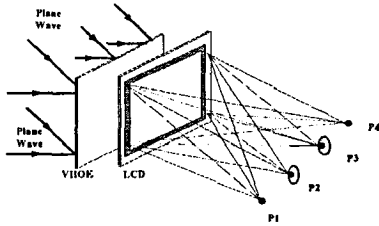


그림. 1 VHOE 구현을 위한 시스템 개념도
Fig. 1 System configuration for implementation of the VHOE

3. 다시점 스테레오 영상 디스플레이를 위한 VHOE 광학판의 설계 및 구현

구현된 VHOE 광학판의 특성을 분석 및 8시점 스테레오 입체 영상 디스플레이를 위하여 그림 3과 같은 실험적인 8시점 스테레오 입체영상 디스플레이 시스템을 구성하였다. 본 실험의 광원으로는 파장이 532nm인 Ar⁺ 레이저를 사용하였고, 각 빔의 세기는 모두 65 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 로 동일하게 사용하였다. 또한, 전자서터를 사용하여 빔을 제어함으로써 기록 시에는 두 빔을 동시에 차단 할 수 있고, 복원 시에는 기록 빔만을 차단 할 수 있는 온라인(on-line) 시스템을 설계, 제작하여 구성하였다. 8시점의 회절격자는 0.01°의 각도 분해능을 갖는 스텝 모터를 이용하여 기준빔과 물체빔의 Bragg 각을 기준으로 각각 1.8° 씩 이동시키는 각 다중화 기술을 이용하여 두 평면파의 간섭패턴을 기록하여 최적의 VHOE를 구현하였다. 본 실험에서는 두 간섭빔의 사이각을 순차적으로 시키기 위하여 중심각을 기준으로 135°의 빔 분리가 가능한 빔 분할기를 사용하였으며 빔 분할기의 앞단에 빔 경로의 미세 조절을 위한 결상 렌즈를 두어 각각의 경로에서 조절되는 거울의 회전각을 정밀하게 만들어 주었다. 또한 빔 경로 및 두 간섭빔의 사이각을 정밀하게 조절하기 위하여 기준빔과 참조빔의 경

로 각각에 동일한 초점 거리를 갖는 3인치 이상의 렌즈를 배열하는 시스템을 구성함으로써 VHOE 광학판의 정밀도를 향상시킬 수 있었다.

또한, 본 실험에서는 적절한 사전노출과정 및 노출 시간 계획 스케줄링이 필요함에 따라 사전 노출 시간 정도에 따른 회절 효율을 측정하는 실험을 통하여 최적의 사전 노출 시간을 15초로 적용하였다. 그리고, 회절격자 구성을 위한 기준빔과 참조빔의 직경크기는 1.25cm로 빔세기는 65 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 로 동일하게 사용하였다. 또한 재현되는 8개의 빔들의 회절 효율을 최대한 균일하게 만들어 주기 위하여 최적의 노출 시간 스케줄을 적용 해야한다. 본 논문에서는 노출 에너지와 누적 격자강도(Cumulative Grating Strength)와의 관계를 나타내는 4차 다항식의 수학적 모델을 분석하고 이를 이용하여 다시점 회절격자의 노출시간 스케줄링을 유도하였으며, 그림 2와 같이 최적의 노출시간 스케줄링을 반복실험을 통해 얻을 수 있었다.

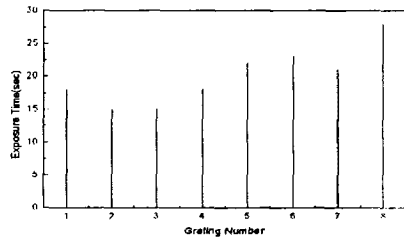


그림. 2 8시점의 회절격자 기록을 위한 최적화 노출시간
Fig. 2 Optimized exposure-time schedule for 8-view VHOE

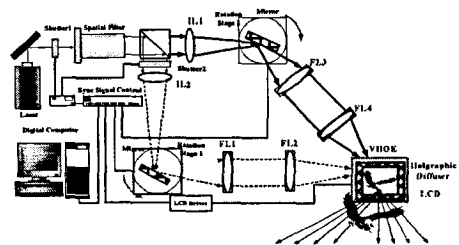


그림. 3 다안식 스테레오스코픽 디스플레이 시스템의 구성도
Fig. 3 System configuration for implementation of 3D display system using VHOE

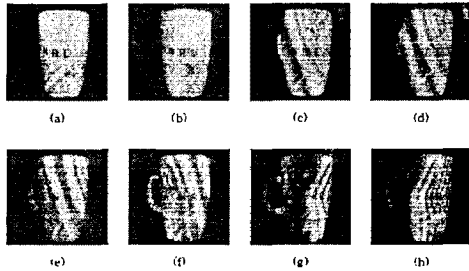


그림. 4 재생된 8시점의 스테레오 영상
Fig. 4 Reconstructed 8-view images

본 실험적 수행을 위하여 3D 공간에서 입력 영상을 획득하기 위해 스테레오 카메라의 위치와 조명의 위치를 결정한 후 교차식 스테레오 카메라 시스템을 이용하여 획득한 실제 적인 8시점 영상을 LCD입력영상으로 사용하였다. 그림 4는 VHOE에 의하여 회절 되어 나오는 빔 패턴을 이용하여 입력 영상 패턴에 디스플레이 되는 8시점의 영상을 서로 다른 결상 위치에서 각각 나타낸 것이다. 그림 4의 영상에는 포토폴리머의 형태를 유지시키기 위하여 사용된 특수 유리에 포토폴리머를 부착하는 과정에서 발생하는 공기기포 또는 현재까지 해결하기 어려운 폴리머 재질의 여러 가지 결함 등에 의하여 발생한 잡음 등이 함께 나타나고 있다. 그러나 이러한 문제점들은 확산 각이 작은 홀로그래프 디퓨저(Hologram diffuser)를 사용하거나 VHOE의 제조공정 상에서 공기기포 혹은 결함을 해결 할 수 있다면 좀더 향상된 이미지를 획득 할 수 있을 것이다. 따라서, 본 논문에서는 이러한 실험 결과로부터 VHOE 광학판을 이용한 다시점 3D 디스플레이 시스템의 구현가능성을 제시할 수 있었다.

4. 결 론

본 논문에서는 포토폴리머 기반의 최적화된 VHOE 광학판을 설계하여 구현하고, 이렇게 구현된 VHOE 광학판을 직접 이용하여 8안식의 스테레오스코픽 입체 디스플레이 시스템의 실험적 모델을 구현하였다. 먼저, Dupont 사의 포토폴리머(HRF-150-100)에 최적화된 노출시간 스케줄링 기법을 사용하여 8시점의 서로 다른 회절격자를 각 다중화하여 제작하였으며 VHOE 광학판의 기준파를 8시점의 영상이 순차적으로 입력되는 공간 광

변조기의 패턴과 동기를 맞추어 입사시킴으로써 입력영상을 서로 다른 8 방향으로 회절 시키는 실험 시스템을 구성하였다. 또한, 스테레오 영상 획득 시스템에서 생성된 시험용 8시점 스테레오 영상을 사용하여 실험하였으며, 그러한 실험결과를 통하여 재생된 8시점의 영상들 간의 시·공간적인 분할 영역 및 수평시차를 확인함으로써 향후 VHOE 광학판을 이용한 다시점 3D 디스플레이 시스템의 구현 가능성을 제시하였다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 2000년도 국가지정 연구실 사업의 연구비 지원으로 이루어짐.

참고문헌

- [1] A.R.L. TRAVIS, "The Display of Three-Dimensional Video Images", Proceedings of The IEEE, Vol. R5, No. 11, November 1997.
- [2] Michael Halle, "Autostereoscopic Displays and Computer Graphics", May 1997 Computer Graphics
- [3] H. Morishama, H. Nose, N. Taniguchi, K. Inoguchi, S. Matsumura, SID 98 DIGEST.
- [4] Fumio Okano, Haruo Hoshino, Jun Arai, and Ichiro Yuyama, "Real-time pickup method for a three-dimensional image based on integral photography", Applied Optics, Vol. 36, No. 7, 1 March 1997
- [5] J. Gu, B. Cho, E. Kim, "Performance analysis of photopolymer-based VHOE for time-sequential multiview 3D display system", Proc. of SPIE, vol. 4712, Orlando, USA, April 2002.
- [6] J. Gu, S. Kim, B. Cho, E. Kim, "Exposure schedule scheme for uniform intensities of the reconstructed beams in the VHOE-based multi-view 3D Display System", Proc. of SPIE, vol. 4712, Orlando, USA, April 2002.