

3D 영상재현을 위한 디지털 스테레오그램 기록시스템에서의 광특성 측정 및 제어

김재한, 이광순, 허남호

한국전자통신연구원 방송시스템연구부 입체방송연구실

kimjhan@etri.re.kr

Optical Measurements and Control of Digital Holographic Printing System for 3D Image Reconstruction

Jae-Han Kim, Gwang-Soon Lee, Nam-Ho Hur

ETRI, Realistic Broadcasting Research Sector

요약

홀로그래픽 스테레오그램은, 양안 스테레오스코픽 영상들을 레이저 기준파와 간섭시켜 생성된 홀로그래픽 패턴을 감광매질인 홀로그래픽 필름에 기록한 후, 이를 다시 광학적 회절을 이용하여 3차원 영상으로 재현하는 3차원 디스플레이의 한 방법이다. 본 논문에서는 다시점의 full-color, full-parallax 영상을 디지털 방식의 스테레오그램으로 제작하여 3차원 입체 영상으로 재현하기 위한 기록 시스템에서, 기록 매질인 홀로그래픽 필름 면에서의 영상을 고해상도 영상 센서를 이용하여 직접 획득하고, 이 영상 정보를 분석하여 광축을 제어함으로써, 왜곡없는 최적의 호겔을 형성하여 높은 회절 효율을 갖는 스테레오그램을 제작하기 위한 방법 및 장치에 대한 연구개발 결과를 기술하였다.

1. 서론

최근 상용화가 시작된 홀로그래픽 스테레오그래피(holographic stereography)는, 양안 스테레오스코픽(stereoscopic) 영상을 이용하여 대상물을 입체적으로 디스플레이(three dimensional display)하는 고전적 방법과, 20세기 레이저의 발명과 함께 Leith, Upatnieks, Denisyuk, DeBitetto, Benton 등 홀로그램 분야의 선도적 과학자에 의하여 연구 개발된 홀로그래피 방법을 하나로 결합한 것으로서, 광 회절(diffraction)에 의하여 3차원 영상을 재현(reconstruction)하는 3차원 디스플레이 방법이다. 이 방법에 의하여 다시점(multi-view) 영상을 홀로그래픽 필름(holographic film)에 기록하여 제작한 것을 스테레오그램(stereogram) 이라고 부른다.[1][2]

스테레오그램을 제작하기 위해서는 대상물에 대한 많은 시점(viewpoint)의 영상들을 3차원 그래픽스 기법으로 생성하거나 또는 기존의 디지털 카메라로 물체를 촬영하는 방법으로 다시점 영상을 획득한 후, 이 다시점 영상은 pixel 재배치 등의 영상처리기법을 통하여 홀로그램 기록용 영상으로 변환하고, 변환 생성된 유한 갯수의 영상을 홀로그래픽 필름과 같은 감광매질에 회절무늬(fringe)로 기록하게 된다.

스테레오그램 기록 시스템을 구현하기 위해서는 레이저 광학 장치, 다시점 영상처리 장치, 홀로그래픽 매질 이송 장치(translation stage), 시스템 제어장치 등이 요구된다.[3]

본 논문에서는 다시점의 full parallax 영상을 디지털 호겔 기록 방식의 스테레오그램으로 제작하여 3차원 입체 영상을 재현하기 위한 기록 시스템에서, 기록 매질인 홀로그래픽 필름면에서의 영상을 고해상

도 영상센서를 이용하여 획득하고 이 영상 정보를 이용하여 광축을 조정 및 제어함으로써, 왜곡없는 최적의 호겔(hogel)을 형성해 높은 회절 효율을 갖도록 하는 스테레오그램 기록 시스템의 연구 결과를 기술하였다.

2. 스테레오그램 기록 시스템에서의 광 특성 측정

그림 1은 디지털 스테레오그램 기록용 광학시스템의 구조도이며, RGB 3개의 레이저를 사용하여 컬러를 생성하고, 2차원 다시점 영상을 적용하여 전 영역의 운동시차(full parallax)를 갖도록 구현하였다.

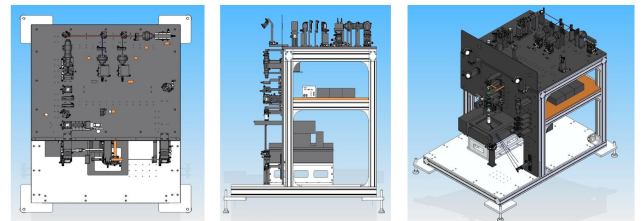


그림 1. 디지털 스테레오그램 기록 시스템 구조도

그림 2에서 보는 바와 같이 레이저 source에서 나온 출력 빔은 빔 확장 장치(beam expander)를 거쳐 성형된 후에 편광 빔분할기(PBS; polarizing beam splitter)에 입력되면, S파가 공간 광 변조기(SLM)로 입사된다. 사용된 반사형 광 변조기에서는 다시점 입력 영상에 의하여 변조된 반사빔이 P파로 출력되며, telecentric 렌즈를 거쳐 물체파 렌즈(objective lens)로 입사된 후, 집속(converging)되어 감광 매질에

fringe pattern을 형성한다. 이때, 공간 광 변조기에서부터 물체과 렌즈까지의 평행광은 광축을 따라 수직으로 입사되어야 물체과가 의사 변환(affine transform)이 없이 감광 매질인 홀로그래픽 필름 면에 fringe를 기록되게 된다. 그렇지 않으면 다시점에 의하여 형성되는 스테레오영상의 왜곡에 의하여 완전한 3차원 영상을 재현하지 못하게 된다.

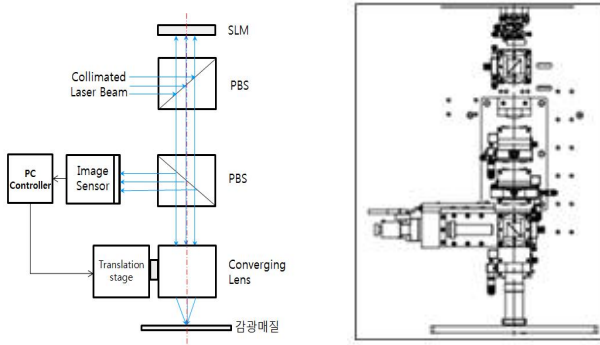


그림 2. 감광 매질에서의 영상 획득 장치 구성도

따라서 최종 단계인 필름 면에 투사되는 영상의 상태를 역시 왜곡 없이 관측하는 것이 광축 제어(optical axis control)에 매우 중요하다.

이를 위하여 본 연구에서는 물체과가 진행하는 경로에 PBS를 설치하고, 필름 면에서 반사되는 S파 영상을 고해상도 image sensor로 구성된 CCD 카메라로 획득함으로써 상기 목적을 달성하였다.

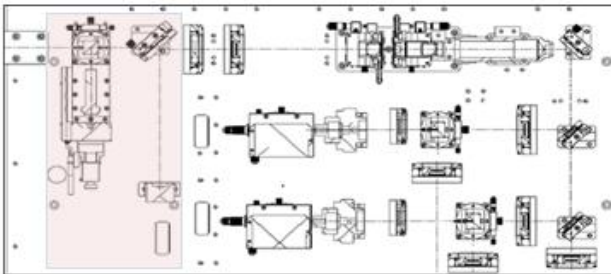


그림 3. 평행광 단면의 광량 측정 장치 구성도

이 영상의 분석을 통해 광축과 물체과 빔의 각도차이를 계산하여, 물체과 집속용 광학계(objective optics)의 위치를 제어함으로써 수직으로 투영된 호겔 영상을 홀로그래픽 필름 면에 기록할 수 있게 된다.

그림 3에서는 RGB 레이저 빔을 결합(combine)하고 이를 확장시킨 후에, 빔 단면에 대한 광량 분포(profile)를 분석하고, 이를 측정된 빔 단면 영상 획득 카메라 모듈과 빔 샘플링 장치들을 도시하였다.

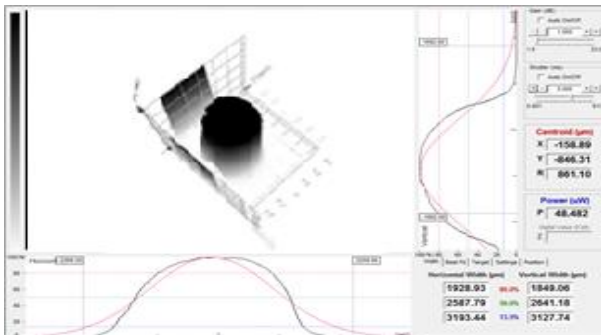


그림 4. 평행광 단면의 광량 측정결과

그림 4에서는 평행광 단면의 광량 측정결과를 3차원 형태로 도시하였다. (이 그림은 인쇄 편의를 위하여, 일반적 방법과 반대로 고 광량 부분을 black으로, 낮은 부분은 white로 inverting하여 도시함)

그림 5에서는 감광 매질의 위치를 초점거리보다 아래 쪽에 두고 획득한 영상과 영상분석용 S/W로 빔 특성을 분석한 예를 보여주고 있다.

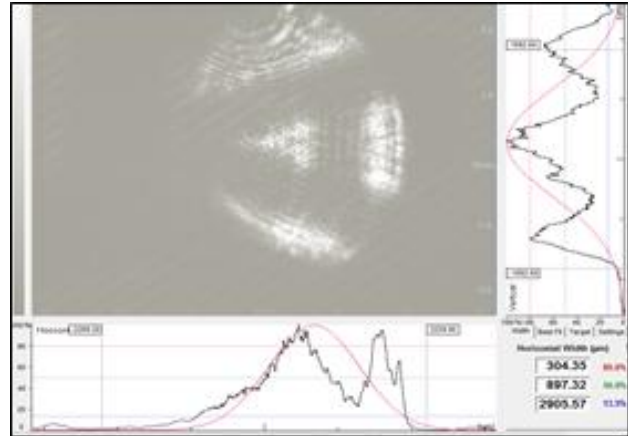


그림 5. 감광 매질 면에서의 영상 획득 (under-focus 위치)

이 그림에서는 2차원 영상센서의 XY각 축 상으로 투영한 광량 분포를 그래프로 도시하였다. 축 정렬을 위해서는 균일 광량의 원형 패턴을 투사해 광량의 분포도를 분석하고 동시에 원형 패턴의 장축과 단축에 대한 비율을 구함으로써, affine 변환의 정도를 계산하여 정렬 제어를 할 수 있다.

3. 결론

본 논문에서는 홀로그래픽 필름면의 영상을 편광 빔 분할기 및 고 해상도의 영상 센서를 이용하여 획득하였다. 이 영상 정보는 실제 필름에 기록되는 영상과 동일하므로 호겔 분석에 매우 적합한 영상이 된다. 논문에서 제안된 방법 및 장치로 획득한 영상의 정보를 이용하여 광축을 제어함으로써, 왜곡없는 호겔(hogel)을 필름 면에 형성할 수 있어서 보다 높은 회절 효율을 갖는 스테레오그램을 제작할 수 있었다.

[감사의 글]

본 연구는 『무안경 다시점 3D지원 UHD TV 방송 기술개발 사업』 [과제번호: 11-921-02-001]의 정부 출연금으로 수행되었으며 지원에 감사를 드립니다.

[참고문헌]

- [1] Jincheng Wang et al, "Optics and image processing techniques of one-step holographic stereogram," Proc. of SPIE, vol.6832, 2007
- [2] Stanislovas Zacharovas, "Advances in digital holography," Proc. of IWHM, Oct. 2008
- [3] Klug et al, "Method and apparatus for recording on e-step, full-color, full-parallax, holographic stereograms," US patent no. 6,330,088, Dec.2001