

광 분할 및 광량조절장치를 이용한 홀로그래픽 데이터 스토리지 시스템에서의 성능 향상 연구

Advance of holographic data storage system by using device of light dividing and the controller of light intensity

*이재성¹, 김낙영², 송희찬¹, 임성용¹, 박경수¹, 박노철¹, #양현석¹, 박영필¹

*J. S. Lee¹, N. Y. Kim², H. C. Song¹, S. Y. Lim¹, K. S. Park¹, N. C. Park¹, #H. S. Yang¹ (hsyang@yonsei.ac.kr), Y. P. Park¹
¹ 연세대학교 기계공학과, ² 연세대학교 정보저장공학협동과정

Key words : holographic data storage, beam split, light intensity controller

1. 서론

사진과 동영상이 정보의 주류가 된 현대 멀티미디어 사회에서는 점점 늘어나는 정보의 용량을 감당하기 위한 새로운 정보 저장 매체의 필요성이 높아지고 있다. 홀로그래픽 정보 저장 장치는 이것을 해결 할 수 있는 가능성이 높은 후보 중 하나다. 홀로그래픽 정보 저장 장치는 체적 홀로그래픽 기술과 레이저를 이용하여 광 반응물질에 신호를 담은 광원과 기준광의 간섭무늬를 기록한다. 정보를 많은 행과 열로 이루어진 페이지 단위로 한꺼번에 기록과 재생이 가능하기 때문에 대용량의 정보를 빠른 속도로 저장할 수 있는 것이 장점이다. 또한 기준광의 입사 각도를 바꾸어 광 반응 물질의 한 지점에 여러 페이지의 정보를 중첩해서 기록함으로써 수용 가능한 정보의 용량이 더 커지게 된다.

다중 중첩 기록된 홀로그램들은 각각이 균일한 효율 값을 갖는 게 정보의 올바른 재생에 유리하다. 그래서 일반적으로 레이저의 조사 시간을 조절하여 각각의 홀로그램이 최대한 일정한 효율 값을 갖게 한다. 그러나 광반응 물질의 불균일성, 감광 시간에 따른 감도의 변화, 시간 배분의 오차 등등의 이유에 의해서 한 지점에 다중 중첩 기록된 각각의 홀로그램은 서로 다른 효율 값을 갖게 된다. 따라서 같은 광량의 레이저로 한 지점에 다중 기록된 홀로그램들을 재생하면 재생되는 광량의 편차가 과도하게 발생한다.

본 연구에서는 위에서 언급한 다중 중첩 기록된 홀로그램의 재생 광량 편차를 보상하고자 한다. 하프 웨이브 플레이트(HWP)와 편광 분광기를 이용하여 홀로그램에 입사하는 레이저의 광량을 조절하여 재생되는 홀로그램의 광량을 일정하게 유지할 수 있다.

2. 광 분할 및 광량 조절장치

위에서 언급했듯이 다중 중첩 기록된 홀로그램은 균일한 효율 값을 갖지 못하는 경우가 많다. 따라서 현재의 방식처럼 기준 광이 일정한 경우에는 재생된 이미지의 광량이 일정하지 못하고 너무 어둡거나 밝은 경우가 존재하게 된다. 이것은 정보를 읽어내기 위한 이미지 처리에 좋지 않은 영향을 준다. 따라서 재생되는 이미지는 적당한 광량으로 가급적 일정하게 유지될 필요성이 있다.

본 연구는 HWP와 편광 분광기를 이용하여 레이저의 광량을 조절하여 불균일한 홀로그램의 효율 값을 보상하는 알고리즘을 제안한다. 발생기로부터 나온 레이저는 본래 S-편광 된 빔으로만 구성된다. HWP는 이 레이저를 P-편광 된 빔 성분과 S-편광 된 빔 성분의 비율을 조절 할 수 있는 부품이다. 편광 분광기는 레이저의 P-편광 된 빔 성분은 직진을, S-편광 된 빔 성분은 굴절하게 하는 부품이다. HWP는 0도에서 45도까지 바꾸어주었을 때 P-편광 된 빔과 S-편광 된 빔의 비율이 0%에서 100%까지 바뀌게 된다. 따

라서 HWP를 이용하여 P-편광 된 빔과 S-편광 된 빔의 비율을 조절해 편광 분광기에 통과시키면 원하는 광량을 가진 P-편광 된 빔 레이저를 통과시킬 수 있다.

포토 디텍터(PD)를 사용해 재생된 이미지의 광량을 확인하여 적게 확인된 경우에는 HWP를 통과하는 P-편광 된 빔의 비율을 더 높여 미디어를 재생시키는 기준광의 광량을 높이고, 광량이 과다하게 확인된 경우에는 P-편광 된 빔의 비율을 낮춰 기준광의 광량을 낮추어 최종적으로 재생되는 이미지의 광량을 일정하게 유지한다.

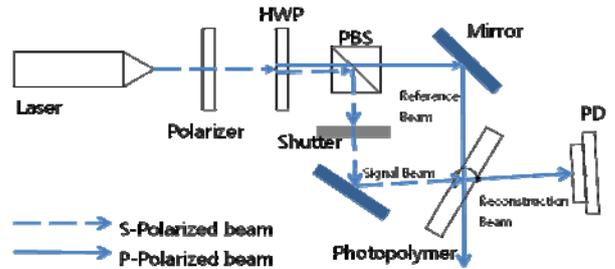


Fig. 1 System setting for holographic data storage

그림 1은 실험 구성을 나타낸다. 실험 구성은 레이저 발생기와 편광기, P-편광 된 빔과 S-편광 된 빔의 비율을 바꿔주기 위한 HWP, P파와 S파를 분리하기 위한 편광 분광기, 기준광의 입사각을 바꿔주기 위한 회전 장치, 데이터가 기록된 광 반응 물질, 재생 이미지의 광량을 측정하기 위한 PD로 구성되어 있다. 레이저에서 나온 빔은 편광기를 거쳐 S-편광 된 빔으로 편광 되어 HWP로 들어간다. HWP를 지난 빔은 설정된 값에 따라 S-편광 된 빔과 P-편광 된 빔 성분으로 나누어지게 된다. S-편광 된 빔은 편광 분광기에 의해 굴절되고 기록할 때 신호광으로 사용되며 재생 시에는 사용되지 않는다. P-편광 된 빔은 편광 분광기를 통과하여 광 반응 물질을 회전시키는 장치에 의해 주어진 입사각으로 광 반응 물질에 기록된 홀로그램을 재생하게 된다.

3. 실험

본 실험에서는 광 반응 물질에 0.5°에 한 번씩 총 6번의 데이터를 기록하여 재생 신호의 광량을 확인하였다. 그림 2는 기준광의 광량의 변화 없이 HWP의 각도를 30°로 일정하게 유지하고, 기준광의 입사각을 조금씩 늘려가며 기록된 홀로그램의 재생 광량을 측정한 것이다. 이때 그래프 상에 총 6개의 홀로그램이 재생되는 것을 확인 할 수 있으나, 그 크기가 일정하지 못하고 서로 다른 것을 확인 할 수 있다. 재생된 신호의 광량은 광 센서에 의해 측정되며 그 값은 전압으로 변환하고 오실로스코프를 이용해 확인하였다.

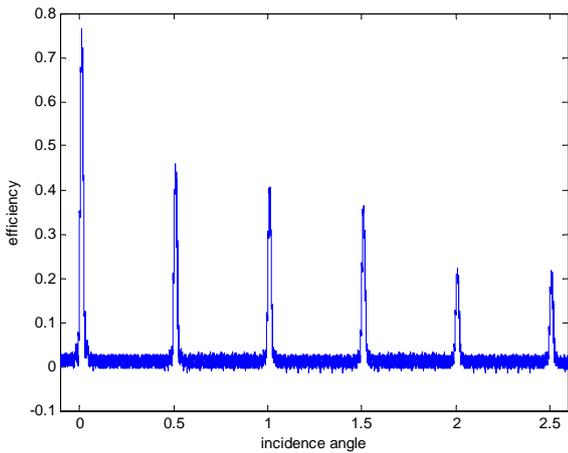


Fig. 2 Graph for light intensity of reconstruction beam with respect to the incidence angle (without controller of light intensity)

그림 2의 그래프에서 각 홀로그램 재생 광량의 최고점을 구하면 표 1과 같다.

Table 1 The peak point with respect to the incidence angle (without controller of light intensity)

입사각	0	0.5	1	1.5	2	3
광량	0.765	0.459	0.407	0.365	0.231	0.218

광 분할 및 광량 조절 장치를 지나는 레이저 빔의 광량은 HWP의 각도와 선형의 관계를 갖고 있기 때문에 원하는 값을 갖게 하기 위한 각도는 다음 수식과 같이 구할 수 있다.

$$\theta_{desired} = \theta_{present} \times \frac{I_{present}}{I_{desired}} \quad (1)$$

$\theta_{desired}$ 는 원하는 광량을 얻기 위한 HWP의 각도, $\theta_{present}$ 는 현재 입사하고 있는 HWP의 각도, $I_{present}$ 는 현재 재생된 이미지의 광량, $I_{desired}$ 는 각도를 바꾸어 재생될 이미지의 목표 광량을 나타낸다. 본 실험에서는 광량 조절 장치를 이용하여 재생되는 모든 홀로그램들의 광량을 그림 1의 0.4V 가량으로 유지하고자 한다.

본 실험에서는 초기 HWP의 각도를 30°로 설정하였으므로 $\theta_{present}$ 는 30이고 목표로 하고 있는 광량 0.4V가 $I_{desired}$ 이다. 따라서 표 1에 나와 있는 입사각에 따른 광량을 수식(1)에 대입하면 각각의 홀로그램에 설정해야 할 HWP의 적정 각도 $\theta_{desired}$ 를 구할 수 있다. 그 결과는 표 2와 같다.

Table 2 The peak point with respect to the incidence angle (without controller of light intensity)

입사각	0	0.5	1	1.5	2	3
HWP 각도	13	22	25	27	43.5	44.5

각각의 홀로그램에 수식(1)을 통해 구한 표 2의 광량을 가진 기준 광을 입사한다. 그래서 나타난 편차가 보상된 재생 신호의 광량은 다음 그림 3과 같다.

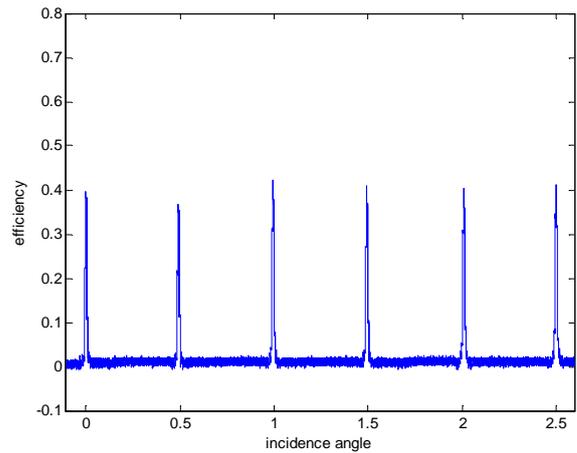


Fig.3 Graph for light intensity of reconstruction beam with respect to the incidence angle (by using controller of light intensity)

그림 3의 그래프에서 각 홀로그램 재생 광량의 최고점을 구하면 표 3과 같다.

Table 3 The peak point with respect to the incidence angle (by using controller of light intensity)

입사각	0	0.5	1	1.5	2	3
광량	0.397	0.368	0.417	0.409	0.403	0.412

본 실험에서 광량 조절 없이 홀로그램을 재생하였을 경우 재생된 이미지의 최고점들의 최대값(0.765V)과 최소값(0.218V)이 0.547V의 차이가 났다. 그러나 광량 조절 장치를 사용해 재생한 경우에는 최대값(0.417V)과 최소값(0.368V)이 0.049V만큼의 차이를 보여 편차가 1/11로 줄어든 것을 확인할 수 있다.

4. 결론

광 분할 및 광량 조절 장치를 이용하여 홀로그램의 효율 값을 보상해주는 것은 적은 수의 컴포넌트 사용만으로도 재생 이미지의 광량을 이미지 처리에 적당한 수준으로 보상해줄 수 있다.

향후 PD로부터 재생 이미지의 광량을 측정된 신호를 사용하여 실시간으로 HWP의 구동 장치를 제어하여 자동으로 적당한 밝기의 재생 신호를 얻을 수 있을 것으로 기대한다.

후기

이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2009-0089634).

참고문헌

- Allen Pu, Kevin Curtis, Demetri Psaltis, "Exposure schedule for multiplexing holograms in photopolymer films", Optics Engineering, **35**, 2824-2829, October 1996
- Kevin Curtis, William L. Wilson, M Tackitt, Adrian J. Hill, and S. Campbell, "High Density, High performance data storage via volume holography: The lucent technologies hardware platform" published in book on holographic storage by springer-verlag, Optical science series.