한국소음진동공학회 창립 20주년 기념 2010년 춘계학술대회논문집, pp.718~719

각 다중화 방식의 홀로그래픽 정보저장장치의 양방향틸트 보상을 위한 제어시스템 설계

Design of 2-axis Tilt Servo System for Angle Multiplexing Holographic Data Storage

임성용* · 김낙영** · 송희찬* · 박경수* · 박노철* · 양현석† · 박영필*

Sung-Yong Lim, Nakyoung Kim, HeeChan Song, Kyung-Su Park, No-Cheol Park, Hyunseok Yang, and Young-Pil Park

1. 서 론

홀로그래픽 정보저장장치는 차세대 정보저장장치 중의 하나이다. 2 차원의 데이터 페이지(홀로그램)를 한 지점에 중첩 기록함으로 이론적으로 1Gb/s 의 데이터 전송률을 구현할 수 있고 1Tbit/cm^3 의 고밀도 기록이 가능한 장점을 가지고 있다. 한 지점에 홀로그램을 중첩 기록하는 기법을 다중화 기법이라고 부르는데 홀로그램의 다중화 기록/재생 방법으로는 각도 다중화, 파장 다중화, 위상코드 다중화 등 여러 가지 기법이 제안되어 있다. 이러한 여러 가지 기법 중 각도 다중화(Angle multiplexing) 방식은 그 구성이 매우 간단하다는 장점이 있어 현재 홀로그램의 다중화 기록/재생에 가장 널리 사용되는 방식이다. 최근에 홀로그래픽 저장매체는 기능성 유기 광 저장 물질인 포토폴리머(Photopolymer)를 기반으로 하는 디스크 형태로 개발되고 있다. 이는 기존의 광 정보저장장치와 같이 상용화와 소형화에 유리하다는 장점을 가지기 때문이다. 그러나 디스크의 회전, 외부 외란 인가, 스핀들 모터의 기구적인 공차, 디스크의 탈 착시 틸트오차가 양방향으로 발생하게 된다. 각도 다중화 방식의 홀로그래픽 정보저장장치는 특히 틸트오차에 민감하기 때문에 양방향으로 발생하는 틸트오차에 대한 보상이 반드시 필요하다.

본 논문에서는 각도 다중화 방식의 홀로그래픽 정보저장장치에 적합한 양방향 틸트오차를 보상하는 시스템을 제안하고 모의실험과 실험을 통해서 제안한 보상시스템의 타당성을 확인하였다.

† 교신저자: 연세대학교 기계공학과
E-mail : hsyang@yonsei.ac.kr
Tel : (02) 2123-2824, 4677
Fax : (02) 365-8640
* 연세대학교 기계공학과
** 연세대학교 정보저장협동과정

2. 양방향 틸트오차

Fig. 1 같이 각 다중화 평면과 동일한 평면상에서 발생하는 틸트오차를 접선방향 틸트오차(Tangential tilt error)라고 한다. Fig. 2 는 각 다중화 평면과 수직한 방향으로 발생하는 틸트오차를 원주방향 틸트오차(Radial tilt error)라고 한다.

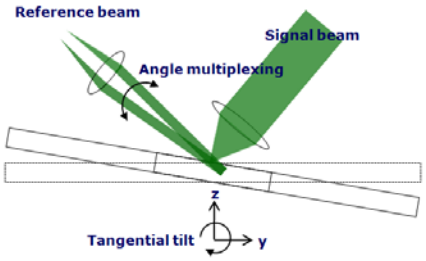

Fig. 1 접선방향 틸트오차

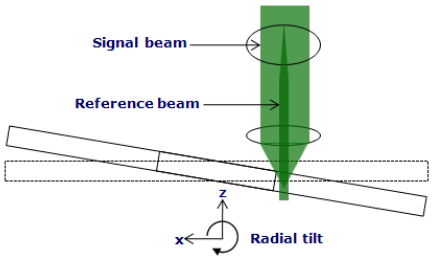

Fig. 2 원주방향 틸트오차

3. 양방향 틸트오차 보상방법

접선방향 틸트오차 방향과 각도다중화 방향이 같기 때문에 Fig.3 과 같이 추가적인 보상 시스템이 없이 각도 다중화를 위한 갈바노미러(Galvano mirror)의 각도변화로 틸트오차 보상이 가능하다.

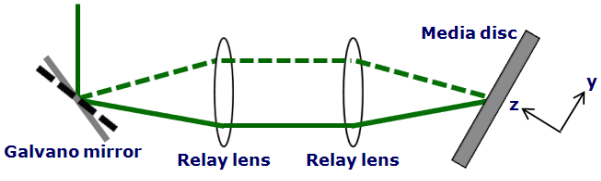

Fig. 3 y-z 평면에 관한 기준 빔의 광학시스템

하지만 원주방향 틸트오차는 위와 같은 방법으로 보상 할 수 없다. 따라서 원주방향 틸트오차를 보상하기 위해서는 Fig.2 와 같이 x-z 평면을 기준으로 미디어로 입사되는 기준 빔의 각도를 변화시킬 수 있는 추가적인 광학계가 필요하다.

따라서 우리는 원주방향 틸트오차를 보상하기 위해 각 다중화 기법을 위해 쓰이는 두 개의 렌즈 사이에 사각프리즘을 삽입하여 원주방향각도를 변화시킬 수 있는 광학계 적용하였다. 식 (1)과 같이 프리즘의 회전에 의한 빔의 굴절로 인해 빔이 $\Delta\theta$ 만큼 꺾이게 된다.

$$\begin{cases} n_1 \sin(\theta_1) = n_2 \sin(\theta_2) \\ \theta_3 = \theta_2 - \theta_1 \\ d' = d / \cos(\theta_2) \\ x = d' \sin(\theta_3) \\ \therefore \Delta\theta = \tan^{-1}(x / f) \end{cases} \quad (1)$$

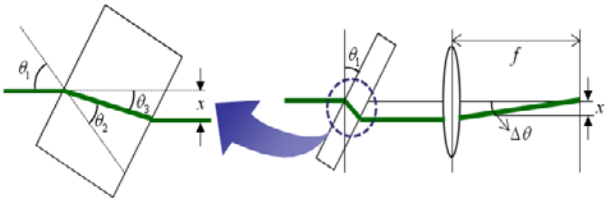

Fig. 4 프리즘 각도변화에 따른 원주방향 틸트보상 원리

4. 모의실험 및 실험

프리즘의 각도변화에 따른 원주방향의 각도변화량을 확인하기 위해 광학 시뮬레이터인 CodeV 를 이용하여 모의실험을 진행하였다. 모의실험조건은 파장 λ=532nm, 초점거리 f=12.5mm, 프리즘두께 d=2mm 이다. Fig.6 을 보면 프리즘 각도가 80°까지 변할 때 최대 0.95°까지 각도 보상을 할 수 있음을 확인하였다. 또한 실험을 통해서 변화량이 조금 감소하지만 모의실험과 같은 경향을 가짐을 확인하였다.

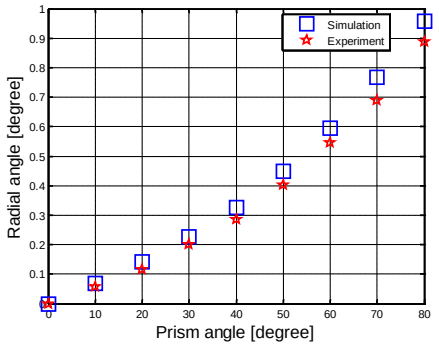

Fig. 5 프리즘 각도변화에 대한 원주방향 각도 변화

프리즘의 각도변화가 접선방향 각도에 영향을 미치는지 확인하기 위해 모의실험을 실행하였다. Fig.7 에서 확인 할 수 있듯이 프리즘의 각도변화를 통한 원주방향 변화와 접선방향 각도간의 간섭현상을 발생하지 않음을 알 수 있다.

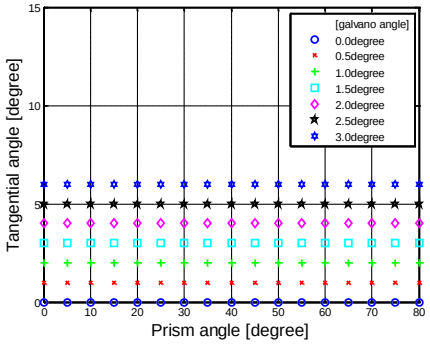

Fig. 6 프리즘 각도변화에 따른 접선방향 각도간섭 확인

5. 결 론

각도 다중화 방식의 홀로그래픽 정보저장장치는 다중화 기법의 특성상 접선방향 틸트오차는 갈바노미러로 보상 할 수 있지만 원주방향 틸트오차를 보상하기 위해서 추가적인 보상방법이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 각 다중화 기법을 구현하기 위해 쓰이는 두 개의 렌즈 사이에 사각프리즘을 삽입하여 원주방향 틸트오차를 보상할 수 있는 광학계를 적용하였다. 모의실험과 실험을 통해서 프리즘 각도변화에 따른 원주방향 각도변화량과 접선방향 각도변화와의 간섭문제를 확인하였다. 결과적으로 원주방향으로 최대 -0.9° ~ +0.9°의 각도변화가 발생하였다. 또한 간섭문제도 발생하지 않음을 알 수 있다. 따라서 제안된 시스템을 기반으로 에러검출 및 프리즘 구동기를 구성하고 적합한 제어기를 선정한다면 실시간으로 양방향 틸트오차를 보상 할 수 있을 것이라 예측한다.

후 기

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

참 고 문 헌

1. Hans J.Coufal, Demetri Psaltis and Glen T. Sincerbox, Holographic Data Storage, Springer, 2000.
2. Nakyoung KIM, Pilsang YOON, Kunyul KIM, Gwitae PARK, Hyunseok YANG “Radial Tilt Compensation Method of Holographic Disk Drive” Opt. Review Vol.17, No.1 (2010).