

홀로그래픽 정보저장기기의 Pre-scan 을 이용한 재생광의 각도 탐색 방법

Retrieving Angle Searching Method using Pre-scan for Holographic Data Storage

정규일[†], 임성용*, 김낙영**, 양현석*

Kyuil Jung, Sung-Yong Lim, Nakyeong Kim, and Hyunseok Yang

(2011년 8월 25일 접수; 2011년 9월 21일 심사완료; 2011년 9월 23일 게재확정)

Abstract

In retrieving process in angle multiplexing Holographic Data Storage(HDS), It is important to search the exact recording angles. In this paper, we propose the retrieving angle searching method using pre-scan. Pre-scan method is means that rotating the galvano mirror before the retrieving process. Therefore, retrieving signals are maximized when between the galvano mirror and recoded angle are exactly matched. Through the measured signals, we will find the exact angle and compensate tangential tilt angle. The experimental results shows propose method is enough to apply the HDS.

Key Words : Holographic Data Storage, Pre-scan method, Retrieving angle searching

1. 서 론

홀로그래픽 정보저장기기는 차세대 정보저장기기 중의 하나이다. 2 차원 데이터페이지(홀로그래프)를 한 지점에 중첩 기록함으로써 이론적으로 1Gb/s의 데이터 전송률을 구현 할 수 있고 1Tbit/cm³의 고밀도 기록이 가능한 장점을 가지고 있다[1]. 한 지점에 홀로그래프를 중첩 기록하는 기법을 다중화 기법이라 하는데 홀로그래프의 다중화 기록/재생 방법으로는 각도 다중화, 파장 다중화, 위상코드 다중화 등 여러 가지 기법이 제안되어 있다. 이러한 여러 가지 기법 중 각 다중화(angle multiplexing) 방식은 그 구성이 간단하고, 상용화 가능성이 크므로 현재 홀로그래프의 다중화 기록/재생에 가장 널리 사용되는 방식이다. 특히 각 다중화 방식에서는 데이터페이지(data page)를 기록 할 때와 재생 할 때의 기준광(reference beam)의 접선방향

(tangential axis)으로의 각도차이가 $\pm 0.007^\circ$ 이하가 되어야 한다[2]. 따라서 데이터가 기록된 디스크가 삽입되면 기록된 데이터를 재생하기 위해 데이터를 기록 할 당시 기준광의 접선방향 각도를 찾아 접선방향 각도 오차를 보정해 주어야 한다[3-7].

본 논문에서는 각 다중화 방식의 홀로그래픽 정보저장기기에서 stop-go 방식으로 데이터페이지를 재생하는 경우, 기준광의 접선방향 각도를 찾는 각도 탐색 방법(angle searching method)을 제안 하고 실험을 통해서 타당성을 검증하였다.

2. 광학 시스템 구성

각도 탐색 방법을 검증하기 위한 광학 시스템은 Fig 1,2 와 같다. 532nm Nd-YAG 레이저와 0.6의 개구수를 갖는 대물렌즈, 기록매체로는 포토폴리머가 사용되었다. 1024×768pixels, 18um 픽셀피치(pixel pitch)의 반사형 공간 광 변조기(Spatial Light Modulator), 1280×1024pixels, 12um 픽셀피치의 CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)가 사용되었다. 그리고 1:2 의 오버샘플링(oversampling) 비를 갖도록 줌 렌즈를 통해 배율을 조절하였다.

[†] 대한항공 기술연구소

E-mail : soflocke@hitel.net

TEL : (02) 473-5349

* 연세대학교 기계공학부

** 연세대학교 정보저장공학 협동과정

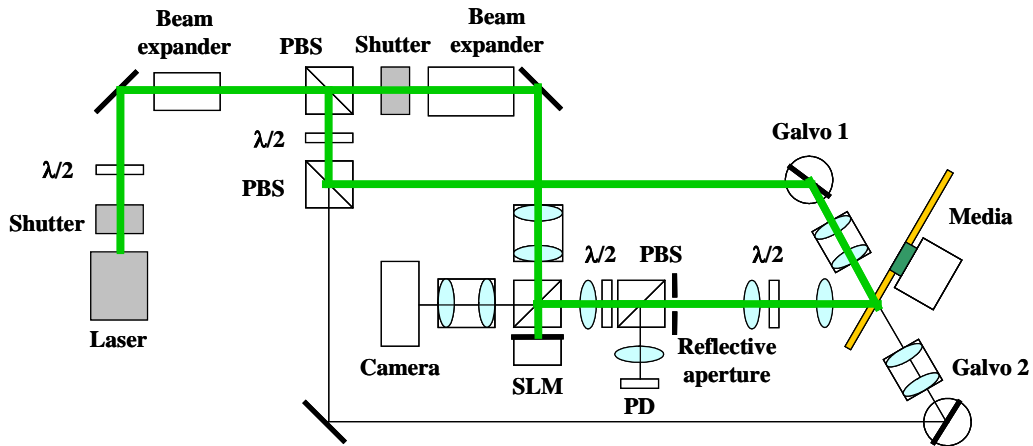


Fig. 1 optical path for data recording

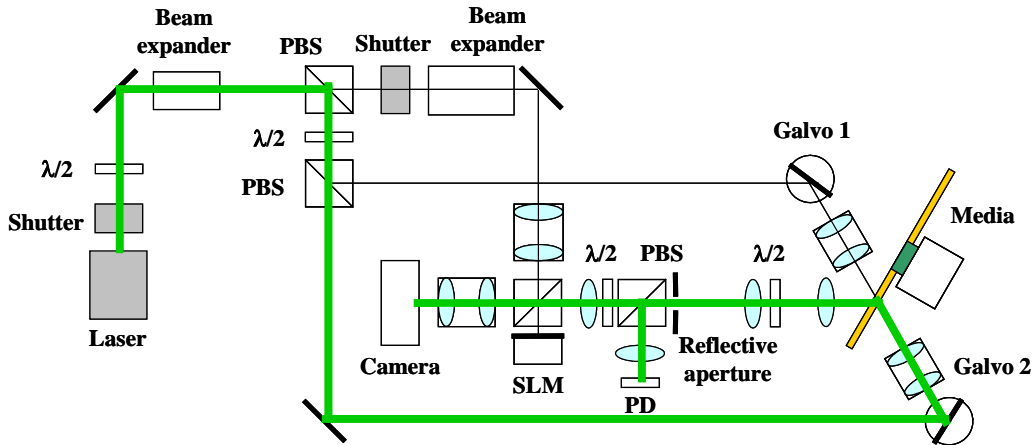


Fig. 2 optical path for data reading

시스템은 각도다중화 방식으로 구성되어 있으며 phase conjugation 방식으로 데이터를 재생한다 [8-9]. 여기에 각도 탐색을 위한 신호를 얻기 위해 몇 가지 광학 소자(PD, PBS, $\lambda/2$ (Half Wave Plate))들을 추가로 포함하였다.

데이터의 기록과정은 Fig. 1 과 같다. 그림에서 신호광(signal beam)은 반사형 공간 광 변조기 에 의해 반사되어 S 편광이 되고 PBS 에 의해 반사된 후 $\lambda/2$ 에 의해 P 편광이 되고 PBS 를 통과한 후 aperture 다음 단의 $\lambda/2$ 에 의해 다시 S 편광이 되어 S 편광의 기준광과 함께 저장매체(media)에 입사된다. 데이터의 재생과정은 Fig. 2 와 같다. 그림에서 기준광은 P 편광으로 저장매체에 입사된다. 이때 재생되어 나오는 P 편광의 재생 신호광(reconstructed signal beam)은 $\lambda/2$ 에 의해 P+S 편광을 갖게 된다. 여기서 S 편광 성분은 각도 탐색을 위한 신호를 얻기 위한 것으로 PD(photo diode)에서 식별이 가능한 정도의 광량만을 갖도록 조절해 준다.

이를 통해 CMOS 로 입사되는 광량의 손실을 최소화해야 한다. $\lambda/2$ 에 의한 P+S 편광을 갖는 재생 신호광은 aperture 다음 단의 PBS 에 의해 소량의 S 편광 빔은 PD 로 입사되고 대부분의 P 편광 빔은 $\lambda/2$, PBS 를 거쳐 CMOS 로 입사된다. 이때 PD 로 입사된 빔을 이용해서 각도 탐색을 수행한다.

3. 각도 탐색

디스크에 기록된 데이터의 기록시의 접선방향 각도를 찾기 위해서는 각도 탐색(angle scan)이 반드시 필요하다. 각도 탐색은 Fig. 3 과 같이 phase conjugate 기준광이 갈바노미러(galvano mirror)를 통해 데이터가 기록되어 있을 것으로 추정되는 넓은 영역의 전체 각도에 대해 각이 변화 되어가며 입사 됨으로써 재생 된 데이터의 효율을 측정하는 것이다. 이때 재생효율 그래프의 x 축은 기준광의

각도이고 y 축은 재생효율이므로 재생효율이 최대치가 되는 지점이 데이터가 기록되어있는 지점이고 이때 x 축의 값이 데이터가 기록되어 있는 각도이다. 각도 탐색을 통해 얻어지는 재생효율 그래프를 이용하면 데이터가 기록되어 있는 각을 정확히 찾아내고 정상적으로 데이터를 읽을 수 있다.

3.1 전체 탐색 방법

전체 탐색 방법(full scan method)은 Fig. 4(a)와 같이 데이터가 기록된 모든 영역을 탐색하는 방법이다. 즉, 데이터가 기록되었을 것으로 추정되는 전체 각도에 대해서 갈바노미러의 각을 변화시켜가며 재생효율을 측정한다. 이렇게 얻은 재생 효율 그래프를 이용해서 모든 layer 의 기록 각을 정확히 찾을 수 있다. 0.25°의 각 선택도(angle selectivity)를 갖도록 데이터를 기록하면 Fig. 5(a)와 같은 재생 효율 그래프를 얻을 수 있다.

3.2 부분 탐색 방법

전체 탐색 방법은 데이터가 기록된 모든 영역을 탐색 함으로써 모든 layer 의 기록 각을 매우 정확하게 찾을 수 있는 방법이다. 그러나 각도 탐색 과정에서 너무 긴 시간이 소모되는 경우 더 빠르게 데이터의 기록 각을 찾기 위해 부분 탐색 방법(partial-angle scan method)을 이용한다.

부분 탐색 방법은 데이터가 기록된 전체 영역을 탐색 하는 것이 아니라 Fig. 4(b)와 같이 첫 번째 layer 와 마지막 layer 에 해당하는 부분만 탐색 하고 이 정보를 이용하여 중간 layer 들이 기록되어 있는 각을 추정하는 것이다.

먼저 첫 번째 layer 가 기록되어 있을 것으로 추정되는 영역에서 한 번 탐색하고, 마지막 layer 가 기록되어 있을 것으로 추정되는 영역으로 한 번에 이동한 뒤 마지막 영역을 탐색 하면 Fig. 5(b)과 같은 재생 효율 그래프를 얻을 수 있다. 이를 이용하여 우리는 첫 번째 layer 와 마지막 layer 의 기록 각을 정확히 알 수 있다. 그리고 해당 spot 의 layer 의 개수와 기록된 각도 간격을 알고 있기 때문에 중간 layer 들이 기록되어 있는 각을 쉽게 추정 할 수 있다.

예를 들어 200 개의 데이터가 중첩 되어 있고 500kHz 로 동작하는 ADC 를 이용하여 Curve 하나 당 10 개의 신호를 얻어오자 할 경우 전체 탐색 방법을 사용하면 $200 \times 10 \times 1/500 = 4$ [msec]의 시간이 소요되고 부분 탐색 방법을 사용하면 $2 \times 10 \times 1/500 = 0.04$ [msec]의 시간이 소요된다.

첫 번째 layer 의 기록 각과 마지막 layer 의 기록

각을 이용하여 중간 layer 들의 기록 각을 추정한 것을 보여준다. Fig. 5(c)의 붉은 점은 첫 번째 layer 의 기록각도와 마지막 layer 의 기록각도를 이용하여 추정 한 것 이고 녹색 그래프는 전체 탐색하여 얻은 그래프이다. 이때 추정으로 계산된 각 (붉은 점)과 전체 탐색에 의해 얻은 그래프의 최대값의 위치(maximum point)가 일치하는 것을 알 수 있다. 즉, 부분 탐색 방법을 이용하여 전체 탐색 방법보다 더 빠르게 모든 layer 의 기록 각을 찾을 수 있다.

이때 만약 첫 번째 layer 와 마지막 layer 만을 이용해서 추정하는 방법이 부정확하다면 중간 몇 개 layer 를 추가로 탐색하여 정확한 기록 각을 추정하도록 할 수 있다.

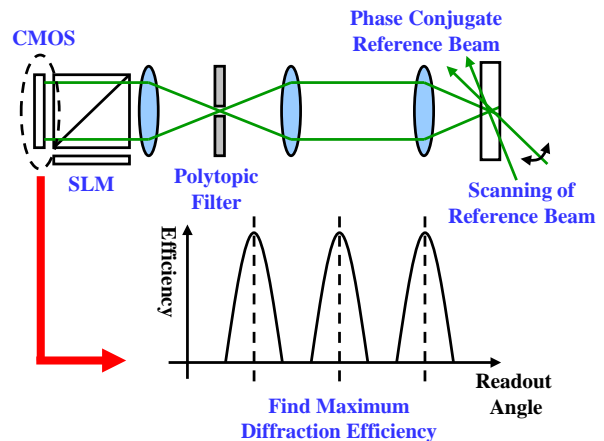
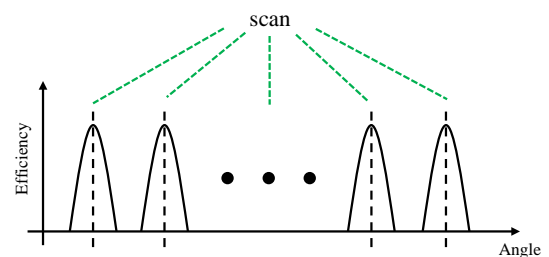
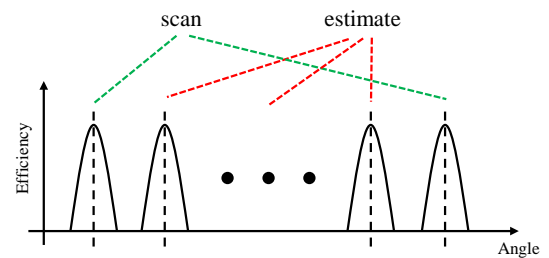


Fig. 3 Principle of pre angle scan

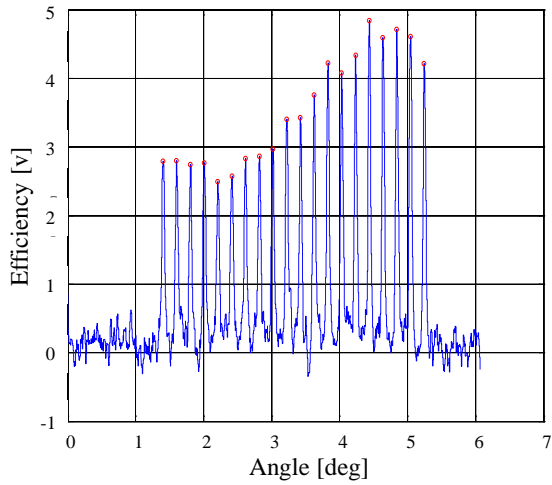


(a) Full scan method

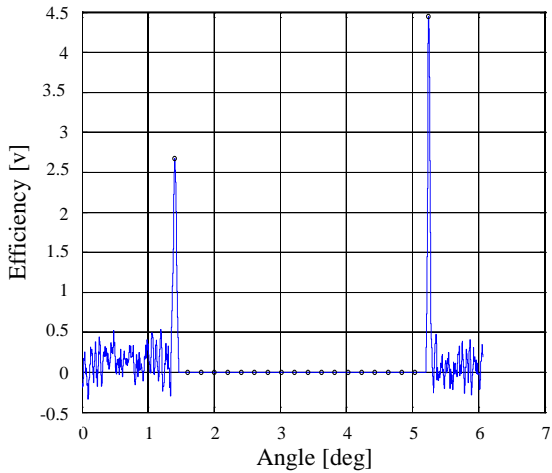


(b) Partial scan method

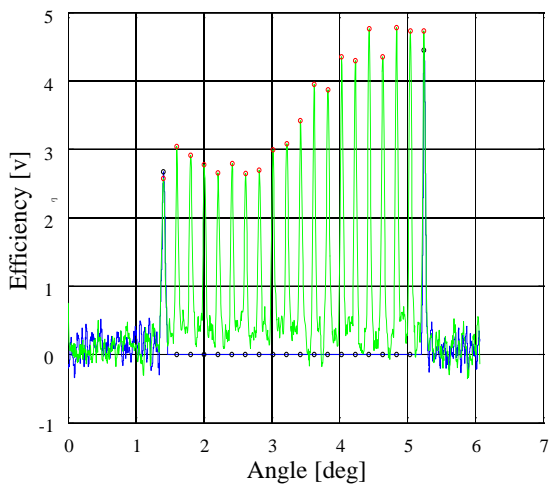
Fig. 4 Pre-angle scan method



(a) Pre-angle scan method



(b) Pre-angle scan method



(c) Pre-angle scan method

Fig. 5 Pre-angle scan experimental results

4. 결론

각도 탐색 방법은 실시간으로 데이터가 기록된 각도를 찾는 방법으로 각 선택도가 매우 작은 각 다중화 방식의 홀로그래픽 정보저장기에서 반드시 필요한 기술 중 하나이다. 본 논문에서는 간단하면서도 강건한 각도 탐색 방법을 제안하였고, 실험을 통해서 타당성이 검증하였다. 따라서 제안된 각도 탐색 방법을 홀로그래픽 정보저장기에 적용한다면, 실용화에 크게 기여 할 수 있을 것이라 예상된다. 그러나 현재 제안된 광학계는 CMOS 로 전달되는 재생 신호의 일부를 사용하는 단점과 각도 탐색 과정에서 시간이 소요되는 단점을 가지고 있다. 이를 보완하기 위한 추가 연구가 필요 할 것이다.

후 기

이 논문은 2011 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2011-0000023).

참고문헌

- [1] Hans J.Coufal, Demetri Psaltis and Glen T. Sincerbox, 2000 “ Holographic Data Storage”, Springer
- [2] Alan Hoskins, Brad Sissom, Friso Schlottau, Edeline Fotheringham, Kevin Curtis, 2007, “Tolerances of a page-based holographic data storage system”, Proc. of SPIE Vol. 6620 662023-4
- [3] Kim N, Jung K, King K, Yoon P, Park J, Park J (2007) A novel angle servo for holographic data storage system. Proc Int Conf OSA/ DS TuE3
- [4] Jin-Young CHOI, Jae-Sung LEE, Sang-Hoon KIM, Jang-Hyun KIM, Hyun Seok YANG, No-Cheol PARK and Young-Pil PARK, “Angle/Fractal Multiplexing Using x-y Galvano Mirror System and New Method of Improving Random-Access Performance”, Japanese Journal of Applied Physics Vol. 45, No. 2B, 2006, pp. 1253–1257
- [5] Sang-Hoon Kim, Jang Hyun Kim, YongHee Lee, Hyunseok Yang, Joo-Youn Park, Kyoung-Su Park, and Young-Pil Park, “Tilt Error Measurement and Compensation Method for the Holographic Data Storage System Using Disturbance Observer”, IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, VOL. 45, NO. 5, MAY 2009
- [6] Nakyoung KIM, Pilsang YOON, Konyul KIM, Gwitae PARK, Hyunseok YANG, 2010, “Radial Tilt Compensation Method of Holographic Disk Drive” Opt. Review Vol.17, No.1
- [7] Y. Matsumura, S. Hori, H. Sekine, K. Kogure, and M.

Shimizu, 2007, "Radial Tilt Compensation Method of Holographic Disk Drive" Jpn. J. Appl. Phys. 46 (2007) 3837

[8] Brad Sissom, Alan Hoskins, Tolis Deslis, Kevin Curtis, "Isoplanatic Lens Design for Phase Conjugate Storage Systems",

[9] Geoffrey W. Burr and Inmaculada Leyva, "Multiplexed phase-conjugate holographic data storage with a buffer hologram", (2000) Vol. 25, No. 7 OPTICS LETTERS