

## LCD Moving Window와 이중초점 렌즈를 이용한 각·공간 다중화 광메모리 시스템

김규태\*, 황진환\*, 김수길\*\*, 김은수\*

\* 광운대학교 전자공학과

\*\* 호서대학교 전기·전자·제어공학부

Tel : 02-940-5118, Fax : 02-941-5979

### Spatio-angular multiplexed optical memory system using LCD moving window and bi-focus lens

Kyu-Tae Kim\*, Jin-Hwan Hwang\*, Soo-Gil Kim\*\*, Eun-Soo Kim\*

\*Dept. of Electronic Eng., Kwangwoon Univ.

\*\*School of Electrical Eng., Hoseo University

kkt@explore.kwangwoon.ac.kr

#### Abstract

By controlling the pixels of a liquid crystal display (LCD) electronically, we fabricated a real-time moving window on a LCD, through which light passes. Using the moving window and bi-focusing lens, we suggested a non-mechanical spatio-angular multiplexed holographic memory system and demonstrated its feasibility through optical experiments. The principle of the proposed method and optical experimental results are also presented.

#### I. 서 론

광굴절결정이 광의 세기에 반응하는 현상을 이용하여 결정내에 정보를 저장할 수 있다는 사실이 발표된 이후 결정내에 보다 많은 정보를 저장하기 위해 많은 연구가 수행되었다. 홀로그래프의 다중화 방법은 국내외

여러 연구자들에 의해 다양한 방법들이 제시되고 실험을 통해 입증되었다. 지금까지 연구된 다중화 방법은 기준빔의 각도가 저장된 영상의 입력주소가 되는 각다중화<sup>[1]</sup>, 가변되는 파장의 광원을 이용하는 파장다중화<sup>[2]</sup>, 서로 직교하는 위상을 이용하는 위상다중화<sup>[3]</sup>, 다중 모드광섬유에서 나오는 빛의 모드를 이용한 스펙클 다중화<sup>[4]</sup>, 광굴절결정내에 인접한 다른 영역으로 정보를 저장하는 공간다중화<sup>[5]</sup>와 이러한 다중화방법들이 결합된 복합다중화<sup>[6]</sup> 방법 등이 제시되었다. 이 중에서 각다중화 방법은 다른 방법들에 비해 보다 고밀도의 영상저장이 가능하여 가장 널리 사용되고 있는 다중화 방법으로, F. Mok이 10,000개 이상의 정보를 저장하고 추출한 결과를 발표함으로써 많은 관심을 끌었다. 각다중화 방법은 일반적으로 물체빔은 고정시키고 기준빔을 스텝 모터나 광편향기(AOD) 등을 이용하여 기준빔의 각도를 변화를 줌으로써 즉, 각 저장영상에 대한 입력주소값을 갖도록 하여 광굴절 결정 내에 많은 정

보를 저장할 수 있는 방법이다. 그러나 기존의 각다중화 방법에서는 기계적인 오차로 인한 영상누화(crosstalk)의 발생 및 복잡한 실험시스템으로 구성됨으로서 전체 시스템의 소형화에 어려움이 많은 단점이 있다.

본 논문에서는 LCD 픽셀의 전자적인 ON/OFF 제어 특성을 이용하여 LCD의 일정영역에 움직이는 창을 만들어 쉽게 광원의 진행방향을 제어할 수 있는 각다중화 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 다른 방법들에 비해 고밀도 저장능력을 갖으면서 기준빔의 전자적 제어 및 전체 시스템을 소형화가 가능하다. 또한, 이중초점 렌즈를 사용하여 수직방향으로 인접된 창으로 입사되는 기준빔이 광굴절매질에 수렴하는 공간을 변화시킴으로서 crosstalk 현상을 제거한 새로운 각공간다화(spatio-angular) 방법을 제안하였다.

## II. 움직이는 창(moving window)을 이용한 각다중화 방법

LCD는 반도체 공정을 이용하여 제작되며, 수많은 화소들로 이루어져 있으며, 각 화소는 전자적으로 ON, OFF 제어될 수 있는 구조를 가지고 있다. LCD의 앞과 뒤에 있는 편광기와 검광기, 그리고 LCD의 각 화소에 연결되어 있는 전극에 전압을 인가하여 액정의 편향각을 조정함으로써 각각의 화소를 ON, OFF할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 성질을 이용하여 LCD 화면의 화소들의 일정부분은 ON시키고 나머지 부분은 OFF함으로써 LCD화면에 빛을 통과시키는 창(window)을 만들 수 있으며, 이 창을 전자적으로 제어하여 LCD화면내에서 이동시킬 수가 있다. 본 논문에서는 이 화소를 20×20내지 40×40정도의 개수를 ON시키고 나머지는 OFF시킴으로써, ON되어 있는 화소들로 이루어진 창만이 빛을 통과시키도록 만든다. 또한, 빛을 통과시키는 부분 즉, 창을 전자적으로 제어함으로써 LCD내에서 상하 좌우로 이동시킬 수가 있다. 이렇게 상하좌우로 이동하는 각 지점에 위치하는 창에

서 나오는 빛을 기준빔으로 활용하게 되면, 광굴절매질에 각다중화된 홀로그램을 저장할 수 있다. 그림 1은 이러한 개념을 푸리에 변환렌즈를 이용하여 움직이는 창에서 나온 빛을 푸리에 변환시켜 광굴절매질에 입사시켰을 때, 각 창에서 나오는 빛이 서로 다른 파벡터(wave vector)를 가지는 것을 보여준다.

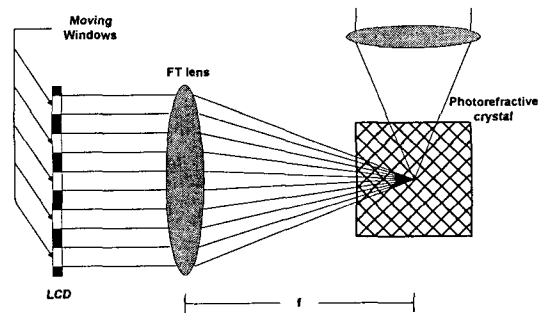


그림 1. 움직이는 창을 이용한 각다중화

그림 1에서 창은 좌우로 서로 겹치지 않도록 움직이며 또한, 상하로도 움직인다. 창을 좌우로 움직일 때는 서로 겹치지 않도록 하여 이동시키면서 물체를 기록하면, 영상의 복원시에 거의 crosstalk이 발생하지 않는다. 그림 1에서 보는 바와 같이 창이 좌우로 움직여서 이것이 렌즈를 통과하여 광굴절매질에 기록이 될 때의 기준빔들은 동일한 장소에 초점이 맺히지만 각 기준빔의 파벡터(wave vector)들은 모두 서로 다르다는 것을 알 수 있다. 그리고 물체빔은 항상 동일한 장소에 푸리에 변환되므로 물체빔에 의한 기록 변수는 없다고 볼 수 있다. 그리고 상하로 움직일 때는 창의 폭만큼 간격을 두고 창을 이동시키면서 정보를 기록했을 때에만 누화가 발생하지 않는다. 이 경우에도 각 창에서 발생한 빛들의 파벡터들은 모두 서로 다른 방향을 가지고 있다. 이와 같이 LCD의 창을 상하좌우로 이동함으로써 동일한 장소에 각기 다른 물체정보를 기록할 수 있다는 것을 알 수 있다.

### III. 이중초점 렌즈를 이용한 공간다중화

그림 2는 LCD의 수직방향으로 인접된 창에 의해 발생하는 crosstalk을 나타낸 것이다.



그림 2. 인접된 수직방향 창에 의한 복원영상의 crosstalk 현상

그림 2에서와 같이 수평방향으로 인접된 창들이 브래그 조건을 만족할 수 있는 각선택도를 가진 반면에 수직방향으로 인접된 창들은 기하학적인 구조상 브래그 조건을 만족할 수 없다. 따라서  $640 \times 480$ 의 화소를 갖는 LCD에서  $2 \times 2$ 의 화소를 갖는 창으로 입사된 광원이 광굴절매질에 영상을 저장할 수 있을 정도로 충분한 광량을 갖는다고 가정한다면 76,800개의 어드레스를 갖을 수 있지만 수직방향의 crosstalk로 인하여 실제로는 38,400개로 어드레스 개수가 반으로 제한된다. 따라서 이러한 어드레스의 손실을 방지하기 위해 본 논문에서는 그림 3에서와 같은 이중초점 렌즈를 제작하여 수직방향으로 인접된 창으로 입사된 기준빔이 광굴절매질로 수렴하는 공간을 기계적인 조작없이 변화시킴으로써 새로운 공간다중화 방법을 구현하였다.

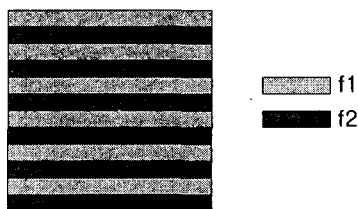


그림 3. 이중초점 렌즈

수직방향의 렌즈크기는 LCD에서 만들어진 창에 따라 결정되며, 그림 4와 같이 수직방향의 인접된 창이 이중초점 렌즈에 의해 다른 영역으로 수렴된다.

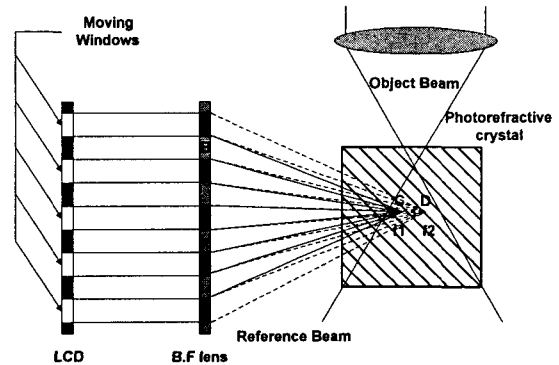


그림 4. 수직방향의 인접된 창과 이중초점 렌즈의 조합에 의한 저장 시스템

### IV. 실험 및 결과분석

본 논문에서 제안된 방법을 구현하기 위해 그림 5와 같은 시스템을 구성하였다. 기준빔은 LCD에 나타나는 창에 의해 입사되는 기준빔의 방향을 변화시켜 전자적으로 다른 만들도록 구성되어 있다.

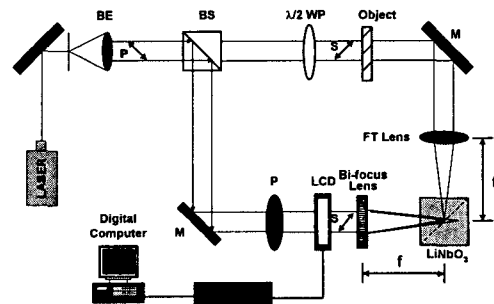


그림 5. 각공간다중화 시스템

그림 5에서 사용된 광원은 출력이 100mW이고  $\lambda = 532.8\text{nm}$ 인 Nd-Yag 레이저이고 전자적으로 움직이는 창을 제어하기 위해 사용된 LCD는 Epson사의 모델명

P13VM215으로 전체 외관은 26.9mm×20.2mm이고 30만 화소의 픽셀을 갖고 있다. 그리고 광굴절매질은 크기가 1cm×1cm×1cm인 LiNbO<sub>3</sub>를 사용하였으며, 실험에 사용된 입력 어드레스는 "20×20"의 화소를 갖는 연속된 창을 사용하였다.

그림 6은 본 논문에서 제안된 방법을 이용하여 광굴절매질에 기록된 정보를 각각의 입력주소값들을 사용하여 복원된 영상들을 나타낸다.

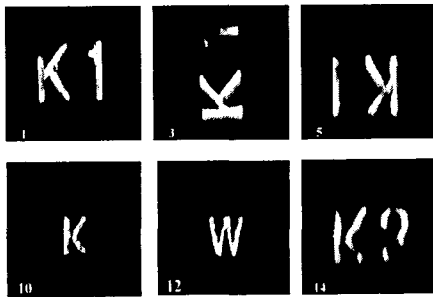


그림 6. 복원영상

그림 6에서 보는 바와 같이 창을 이동시켜서 복원된 각 상들은 수평방향이나 수직방향으로 인접된 움직임은 창에서 crosstalk없이 선명한 영상을 얻을 수 있었다.

## V. 결론

본 논문에서는 전자적 제어가 가능한 LCD와 움직이는 LCD 창의 크기에 맞게 제작된 이중초점 렌즈를 이용하여 기존의 기계적인 방법이나 AOD를 이용하여 기준빔을 제어하는 것보다 훨씬 간편하고 정확하게 광정보의 주소를 제어할 수 있는 각공간다중화 방법을 제안하였다. LCD 창을 수직방향과 수평방향으로 이동시킴에 따라 저장된 영상들은 crosstalk없이 정확하게 복원할 수 있었으며, 비교적 적은 수의 간단한 광학소자의 사용 및 LCD를 전자적으로 ON/OFF 함으로서 안정적이면서 시스템의 소형화가 가능하였다.

## <참고문헌>

- [1] F. H. Mok, "Angle-multiplexed storage of 5000 holograms in lithium niobate," *Opt. Lett.* vol. 18, no.11, pp. 915-917, 1993.
- [2] G. A. Rakuljic, V. Leyva, and A. Yariv, "Optical data storage by orthogonal wavelength-multiplexed volume holograms," *Opt. Lett.* vol. 17, no. 20, pp. 1471-1473, 1992.
- [3] C. Denz, G. Pauliat, G. Roosen, and T. Tschudi, "Volume hologram multiplexing using a deterministic phase encoding method," *Opt. Comm.* vol. 85, pp. 171-176, 1991.
- [4] Y. H. Kang, K. H. Kim, and B. Lee, "Volume hologram scheme using optical fiber for spatial multiplexing," *Opt. Lett.* vol. 22, no. 10, pp. 739-741, 1997.
- [5] S. Tao, D. R. Selviah, and J. E. Midwinter, "Spatioangular multiplexed storage of 750 holograms in an Fe:LiNbO<sub>3</sub> crystal," *Opt. Lett.* vol. 18, no. 11, pp. 912-915, 1993.