

論文98-35D-9-10

LCD에서 움직이는 창을 이용한 각다중화 홀로그래픽 메모리 시스템 (Angular Multiplexed Holographic Memory System using Moving Window on LCD)

金秀吉*, 金奎兌**, 金恩洙**

(Soo-Gil Kim, Kyu-Tae Kim, and Eun-Soo Kim)

요 약

본 논문에서는 LCD 공간광변조기의 화소를 전자적으로 제어함으로써 LCD에서 빛을 통과시키는 창을 만들고, 이러한 창을 전자적으로 상하 좌우로 이동시킴으로써 홀로그램을 고밀도로 각다중화할 수 있는 방법을 제시하였다. "10×10"의 화소를 창의 기본크기로 사용할 경우 1,536개의 어드레스를 만들 수 있고 "2×2"의 화소를 창의 기본크기로 사용하여 총 38,400개의 어드레스를 만들 수 있다. 본 논문에서 제안된 방법의 유효성을 입증하기 위해, 30개의 어드레스를 이용하여 영상을 기록하고 복원하였다.

Abstract

By controlling the pixel of a LCD spatial light modulator electronically, we made a real-time moving window passing through the light on a LCD spatial light modulator. By using this LCD moving window, we suggested an angular multiplexed holographic memory system and in case of windows of 10×10 pixels and 2×2 pixels the total numbers of address are 1,536 and 38,400, respectively. To demonstrate the feasibility of the proposed method, we recorded and reconstructed 30 images by 30 input addresses.

I. 서 론

21세기 고도 정보화 사회에서는 기술발전 및 정보 환경의 변화에 따른 새로운 멀티미디어 정보통신 서비스를 위해 전문학적인 숫자의 엄청난 정보를 보다 효과적으로 저장하고 필요에 따라 고속으로 정보를 꺼내 볼 수 있는 초고속화, 초소형화 및 초대용량화 저장 기술의 발전이 요구된다. 이러한 배경에서 기존의 저

장기술과는 전혀 새로운 방법으로 막대한 데이터를 고속으로 저장·처리할 수 있는 체적 홀로그램(volume hologram) 3차원 광메모리 방식에 대한 상용화 연구가 최근 선진국을 중심으로 활발히 진행되고 있다.^[1] 각설탕만한 크기의 비선형 광굴절매질(photorefractive materials)을 이용한 데이터의 체적 홀로그램 저장 기술은 기존의 2차원이 아닌 3차원 개념의 메모리 저장으로 그 정보저장 용량은 21세기 고도정보화 사회에서 요구되고 있는 극초대용량(Tbyte 이상)의 데이터 저장용량과 저장된 정보를 초고속(μ sec) 병렬 액세스 할 수 있는 장점을 동시에 제공할 수 있는 유일한 차세대 데이터 저장 시스템으로 분석되고 있다.

체적 홀로그램 저장 기술은 광굴절매질의 굴절율이 광의 세기에 반응하는 광굴절 현상(photorefractive effect)을 이용하여 매질 내에 정보를 저장할 수 있다

* 正會員, 湖西大學校 電氣電子制御工學部
(School of Electrical Eng., Hoseo University)

** 正會員, 光云大學校 電子工學部
(Dept. of Electronic Eng., Kwangwoon University)

※ 본 연구는 한국과학재단 특정기초연구비(#97-0101-03-01-3)지원에 의해 이루어 짐.

接受日字:1998年6月29日, 수정완료일:1998年8月19日

는 사실이 발표된 이후 매질 내에 보다 많은 정보를 저장하기 위한 많은 연구가 수행되어 왔다.^[2] 홀로그래ムの 다중화 기록 방법은 국내외 여러 연구자들에 의해 다양한 방법들이 제시되고 실험을 통해 입증되었다. 지금까지 연구된 다중화 방법은 기준빔의 각도가 저장된 영상의 입력주소가 되는 각 다중화(angular multiplexing)^[3], 가변되는 파장의 광원을 이용하는 파장 다중화(wavelength multiplexing)^[4], 서로 직교하는 위상을 이용하는 위상 다중화(phase multiplexing)^[5], 다중모드 광섬유에서 나오는 빛의 모드를 이용한 다중화^[6]와 이러한 다중화 방법들이 결합된 복합 다중화 방법^[7] 등이 제시되었다.

이 중에서 각 다중화 방법은 다른 방법들에 비해 보다 고밀도의 영상저장이 가능하여 가장 널리 사용되고 있는 다중화 방법으로, 1993년 F. Mok이 5,000개의 정보를 기록하고 복원한 결과를 발표함으로써 많은 관심을 끌었다.^[3]

각 다중화 방법은 일반적으로 물체빔은 고정시키고 기준빔을 스텝모터나 광편향기(AOD:Acousto-Optic Deflector) 등을 이용하여 기준빔의 각도에 변화를 줌으로써 즉, 각 저장영상에 대한 입력 어드레스를 갖도록 하여 광굴절매질 내에 많은 정보를 저장할 수 있는 방법이다. 이때 스텝모터를 이용하는 기계적인 입력주소 제어 방법은 간단한 시스템 구조로 많은 정보를 저장할 수 있는 장점은 있지만, 정보를 저장할 때와 복원할 때에 정확하게 맞지 않는 기계적 오차로 인해 브래그 조건(Bragg condition)을 만족시키기 어려워 복원 영상의 누화와 신호 대 잡음비가 낮아지는 단점이 있다.

또 다른 방법인 광편향기를 이용한 전자적 제어 방법은 기계적 오차로 인한 복원 영상의 누화를 방지할 수 있고 보다 빠르고 정확하게 영상을 복원할 수 있는 안정된 시스템이지만 가격이 비싸고 시스템이 복잡하여 구현에 어려움이 있다.

따라서, 본 논문에서는 LCD 공간 광변조기의 움직이는 창(moving window)의 개념을 이용하여 기계적인 동작을 없애면서도 전자적으로 기준빔의 각도를 바꿈으로써 기계적 각 다중화와 전자적 각 다중화 방법의 장점만을 취함으로써 보다 간단하면서도 안정적으로 많은 정보를 저장할 수 있는 새로운 각 다중화 방법을 제시하고 실험을 통해 제안된 방법의 유효성을 입증하고자 한다.

II. Moving window를 이용한 각 다중화 방법

1. 기존의 각 다중화 방법

각도 다중화 방법에서는 기준빔의 입사각도가 저장된 영상정보에 대한 주소가 되며, 기준빔의 입사각도를 달리하여 많은 영상 정보를 저장할 수 있다. 이 방법은 다중화 방법중에서 가장 널리 이용되고 있으며, 매질에 입사되는 기준빔의 입사각도를 제어하는 방법에는 스텝모터로 구동되는 거울을 이용하거나 광굴절매질 자체를 모터로 회전시키는 기계적인 방법과 AOD를 이용하여 전자적으로 제어하는 방법이 있다. 기계적인 제어방법은 시스템 구조가 간단하고 비교적 많은 영상 정보를 기록할 수 있으나, 저장된 영상을 재생할 때, 브래그 조건을 만족시키기 어려워 재생된 영상에 누화가 발생하고, 신호 대 잡음비가 낮아지는 단점이 있다. 그리고 AOD를 이용하는 전자적인 제어를 통해 기준빔의 각도를 제어하는 방법은 기계적인 조작을 사용하지 않기 때문에 시스템이 안정하고, 영상 정보를 광굴절매질에 신속하게 저장하고 재생할 수 있는 반면에 AOD의 동기가 어렵고, 시스템이 복잡하다는 단점이 있다.

2. 제안된 각 다중화 방법

본 논문에서는 LCD 공간 광변조기의 움직이는 창(moving window)의 개념을 이용하여 기계적인 동작을 없애면서도 전자적으로 기준빔의 각도를 바꿈으로써 기계적 각 다중화와 전자적 각 다중화 방법의 장점만을 취함으로써 보다 간단하면서도 안정적으로 많은 정보를 저장할 수 있는 새로운 각 다중화 방법을 제시하고자 한다.

LCD 공간광변조기는 반도체 공정을 이용하여 제작되며, 수십 만개의 화소들로 이루어져 있으며, 각 화소는 전자적으로 on, off 제어될 수 있는 구조를 가지고 있다. 그림 1은 Epson사의 LCD의 외관과 화소구조를 나타낸 사진이다.

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, 이러한 창을 전자

적으로 제어하여 LCD화면내에서 이동시킬 수가 있다. 그림 2는 LCD화면에서 창을 만들고 이동하는 것을 도식적으로 보여주는 그림이다.

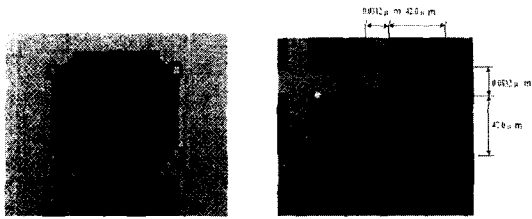


그림 1. Epson LCD의 외관과 화소구조
Fig. 1. Photograph and pixel structure of Epson LCD.

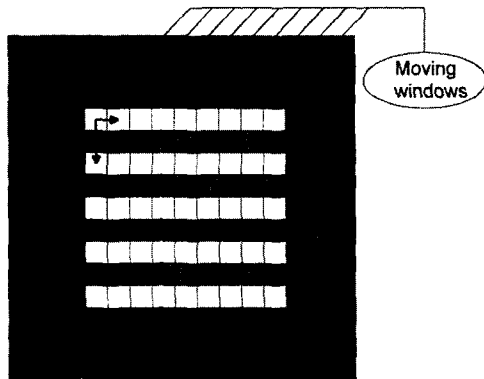


그림 2. LCD에서 움직이는 창에 대한 개념도
Fig. 2. Schematic diagram of moving windows on LCD.

그림 2는 LCD의 화소가 자세히 표현되어 있는 구조를 보여주고 있다. 본 논문에서는 10×10 의 화소 개수를 on시키고 나머지는 off시킴으로써, on되어 있는 화소들로 이루어진 창만이 빛을 통과시키도록 만든다. 본 논문에서는 10×10 의 화소를 갖는 창을 이용하였지만, 사용되는 창은 전자적으로 임의의 크기로 제어될 수 있다. 또한, 빛을 통과시키는 부분 즉, 창을 전자적으로 제어함으로써 LCD내에서 상하 좌우로 이동시킬 수가 있다. 이렇게 상하 좌우로 이동하는 각 지점에 위치하는 창에서 나오는 빛을 기준빔으로 활용하게 되면, 광굴절매질에 각 다중화된 홀로그램을 저장할 수 있다. 그림 2에서 보는 바와 같이 좌우로 서로 겹치지 않는 창들은 각각 다른 기준빔을 만들 수가 있다. 그리고 상하로는 사용되는 입력영상의 폭만큼 간격을 두고 창을 이동시킨다. 그렇지 않을 경우 복원 영상에는 누화(crosstalk)가 발생하게 된다.^{[3] [8]}

그림 3은 수직방향의 각선택도가 필요하다는 것을

보여주기 위한 파벳터도이다. 그림에서 k_o 와 k_r 는 각각 물체빔과 기준빔의 파벳터이고, k_s 은 홀로그램의 복원시에 사용된 기준빔의 파벳터를 나타낸다.

그림 3에서와 같이 수직방향으로 $\Delta\phi$ 만큼 기록시의 기준빔에 대하여 각을 이동시켜서 홀로그램을 복원하게 되면 위상불일치가 나타나게 되어 누화가 일어나지 않아야 한다. 그러나, 실제로는 수평방향에서도 각 선택도 이상으로 홀로그램을 기록하고 복원해야만 누화가 없듯이 수직방향에서도 수직방향의 각 선택도가 존재하여 수직방향의 각 선택도보다 작은 각을 갖는 기록시의 기준빔과 다른 기준빔을 이용하여 홀로그램을 복원하면 누화현상이 발생한다. 따라서, 수직방향의 기준빔끼리 누화현상을 일으키지 않으려면 수직방향의 각 선택도 이상의 각을 가진 기준빔을 이용하여 홀로그램을 다중화시켜야 한다.^[8]

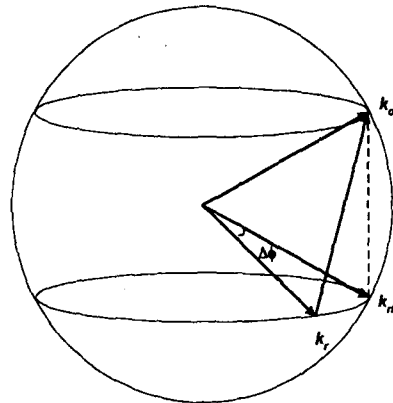


그림 3. 복원하는 기준빔이 기록시의 기준빔과 방위각이 차이가 나는 경우에 대한 파벳터도
Fig. 3. Wave vector diagram showing the difference when reconstructed reference beam has azimuthal angle deviation with respect to recording reference beam.

그림 4는 이러한 개념을 푸리에 변환렌즈를 이용하여 움직이는 창에서 나온 빛을 푸리에 변환시켜 광굴절매질에 입사시켰을 때, 각 창에서 나오는 빛이 서로 다른 파벳터(wave vector)를 가지는 것을 보여준 것이다.

그림 4(a)에서 창은 좌우로 서로 겹치지 않도록 움직이며 또한, 상하로도 움직인다. 창을 좌우로 움직일 때는 서로 겹치지 않도록 하여 이동시키면서 물체를 기록하면, 영상의 복원시에 거의 누화가 발생하지 않는다. 그림 4(b)는 그림 4(a)에 대한 기준빔과 물체빔

을 파벳터를 이용하여 표현한 그림이다. 그림 4(b)에서 보는 바와 같이 창이 좌우로 움직여서 이것이 렌즈를 통과하여 광굴절매질에 기록이 될 때의 기준빔들은 동일한 장소에 초점이 맺히지만 각 기준빔의 파벳터들은 모두 서로 방향이 다르다는 것을 알 수 있다. 그러므로 동일한 벡터를 가지는 물체빔과 각각의 다른 기준빔과의 간섭은 그림 4(b)의 오른쪽에 있는 파벳터 공간도에서 보는 바와 같이 모두 다른 격자 벡터를 형성하게 된다. 따라서, 물체빔을 차단하고 기준빔만을 광굴절매질에 조명하면 각각의 기준빔에 대해 다른 정보를 가진 물체빔이 복원된다는 것을 알 수 있다. 또한, 상하로 움직일 때는 입력영상의 폭만큼 간격을 두고 창을 이동시키면서 정보를 기록했을 때에만 누화가 발생하지 않는다. 이 경우에도 각 창에서 발생한 빛들의 파벳터들은 모두 서로 다른 방향을 가지게 된다. 이와 같이 LCD의 창을 상하 좌우로 이동함으로써 동일한 장소에 각기 다른 물체정보를 기록할 수 있다는 것을 알 수 있다.

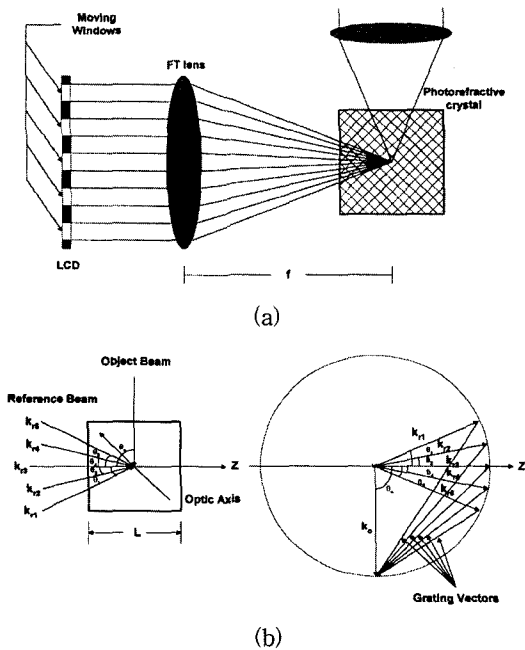


그림 4. 움직이는 창에 의한 각다중화의 원리
(a) 광굴절매질 내에서의 상호작용의 기하학적 구조 (b) 홀로그래픽 상호작용의 파벳터 공간 설명도

Fig. 4. Principle of angular multiplexing by moving windows. (a) Interaction geometry in photorefractive material and (b) Wave vector space description of holographic interaction

광굴절 매질내에서 체적 홀로그램이 형성되고 재생 되는 원리를 간단히 설명하면 다음과 같다.

먼저, 물체빔과 기준빔에 대한 전장을 식 (1)과 같이 가정하자.

$$E_i = A_i \exp(-i k_i \cdot r) \quad i=1,2 \quad (1)$$

식(1)에서, A_i 와 k_i 는 전장의 진폭과 파벳터를 각각 나타낸다. 그리고, 두 빔에 의한 간섭패턴은 식 (2)와 같이 주어진다.

$$I = |E_1 + E_2|^2 = |A_1|^2 + |A_2|^2 + A_1^* A_2 \exp(-i K \cdot r) + A_1 A_2^* \exp(i K \cdot r) \quad (2)$$

여기서, K 는 기준빔과 입사빔에 의해 형성된 격자의 파벳터이며 식 (3)과 같이 주어진다.

$$K = k_2 - k_1 \quad (3)$$

윗식에서, $|K| = 2\pi/\Lambda$ 이며, Λ 는 간섭패턴의 주기를 나타낸다. 이와 같이 기준빔과 물체빔에 의한 간섭패턴에 의해 매질의 체적내에서 광이온화(photoionization)현상이 발생하게 된다. 광이온화 현상에 의해 생성된 전하들은 불균일한 밀도를 가지고 있으므로 확산(diffusion)이나 표류(drift)를 통해 불균일한 공간전하분포를 발생시키게 된다. 이러한 공간전하분포는 매질내에서 내부전계를 형성하며, 이 전계는 광전효과(Pockels effect)에 의해 물질의 국부적인 굴절률을 변화시키게 된다.

이러한 굴절률의 변화가 광굴절매질에 기록된 것을 체적홀로그램이라 하고, 기록된 패턴은 회절격자처럼 작용한다. 회절격자가 기준빔으로 조명되면 격자의 평행한 면들은 브라그 조건 $\sin \phi = \lambda/2\Lambda$ 를 만족할 때에만 파를 회절시킨다. 여기서, ϕ 는 격자와 입사 기준빔 사이의 각도를 나타낸다.

따라서 홀로그램이 기록시의 각도와 다른 θ' 의 기준빔으로 조명되면 브라그 조건 $\sin(\theta'/2) = \lambda/2\Lambda$ 을 만족하지 않아 회절빔이 발생하지 않는다. 이러한 결과로부터 물체빔은 재생시의 광원의 각도와 기록시의 각도가 같을 때에만 복원이 된다는 것을 알 수 있다.^[2]

제한된 각다중화 시스템의 수평방향의 가선택도는 기록된 격자의 형태가 정현파 형태라고 가정할 경우 다음과 같이 표현할 수 있다. 그림 4(b)에서 기준빔과 물체빔의 입사각은 각각 광굴절매질내에서 측정된 θ_1

와 θ_o 이다. 그러면 기준빔과 물체빔의 파베티는 식 (4)와 같이 표현될 수 있다.

$$\begin{aligned} k_{ri} &= k_0(-\sin\theta_{ri}\hat{x} + \cos\theta_{ri}\hat{z}) \\ k_o &= k_0(-\sin\theta_o\hat{x} + \cos\theta_o\hat{z}), \quad k_0 = \frac{2\pi n}{\lambda} \end{aligned} \quad (4)$$

여기서, n 은 매질의 굴절률이고 λ 는 진공 내에서의 빛의 파장이다. 이런 경우에 각 선택도는 근사적으로 식 (5)와 같이 주어진다.

$$\Delta\theta_r = \frac{\lambda \cos\theta_o}{nL \sin(\theta_{ri} + \theta_o)} \quad (5)$$

여기서, L 은 광굴절매질의 두께를 나타낸다. 식 (5)에서 알 수 있는 바와 같이 각 선택도는 기준빔과 물체빔의 각이 90도일 때 가장 우수하며, 이 각도를 중심으로 각 선택도는 대칭적으로 떨어지기 시작한다. 같은 체적내에 다중 홀로그램을 저장하기 위하여 식 (5)로 주어지는 각 증기분 만큼 간격을 둔 기준빔을 이용하여 동일평면에서 다중화 시켜서 복원하면 누화가 없는 영상을 얻을 수가 있다.

III. 실험 및 결과분석

1. 시스템 구성

본 논문에서 제안된 방법을 구현하기 위하여 그림 5와 같은 시스템을 구성하였다. 그림에서와 같이 빔확산기에 의해 확장된 빔은 물체빔과 기준빔으로 갈라진다. 이 때, 레이저 광원은 P축의 편광성분을 갖는다. 기준빔은 편광기와 LCD에 의해 S축 편광성분으로 변화되어 광굴절매질의 광축에 평행하게 입사된다. 물체빔은 $\lambda/2$ 위상지연판을 통과하면서 광굴절매질과 평행한 S축 편광성분으로 변화되어 입사된다. 기준빔은 LCD에 나타나는 창에 의해 입사되는 기준빔의 방향을 변화시켜 전자적으로 다른 파베티를 만들도록 구성되어 있다. 본 실험에서 사용된 물체는 필름 마스크를 이용하였지만 LCD를 이용하여 기준빔의 LCD와 동기를 일치시켜 전자적으로 동작시키면 보다 완전한 광메모리 시스템을 구현할 수 있다.

그림 5에서 $\lambda=532.8\text{nm}$ 인 Nd-YAG 레이저는 COHERENT사의 제품으로 출력은 100mW이다. 그리고 움직이는 창을 제어하기 위해 사용된 LCD는 Epson사(모델명 P13VM215)의 제품으로 전체 외관의 크기는 $26.9\text{mm} \times 20.2\text{mm}$ 이고 총 화소수는 30만

(480×640) 픽셀이며 한개 픽셀의 크기는 $42\mu\text{m} \times 42\mu\text{m}$ 이다. 또한, 실험에 사용된 광굴절매질은 크기가 $1\text{cm} \times 1\text{cm} \times 1\text{cm}$ 인 Fe-LiNbO₃이다.

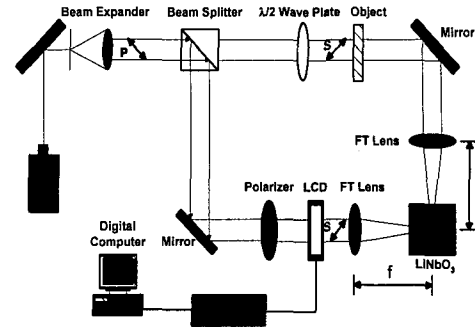


그림 5. 움직이는 창에 의한 각다중화를 구현하기 위한 전체 시스템도

Fig. 5. System diagram for implementing angular multiplexing by moving window.

2. 실험 및 결과분석

Nd-YAG 레이저에서 나온 빔은 광분할기에서 분할되어 하나는 기준빔으로 다른 하나는 물체빔으로 사용된다. 광분할기에서 시계방향으로 직진하는 물체빔은 기록할 영상을 통과한 후, 렌즈에 의해 푸리에 변환되어 광굴절매질에 입사되고, 광분할기에서 반시계방향으로 반사된 기준빔은 다른 파베티를 갖기 위한 LCD의 움직이는 창을 통과한다. 이 빔은 다시 렌즈에 의해 푸리에 변환되어 광굴절 매질에 입사되며 물체빔과 간섭을 일으켜 광굴절매질 내에서 다른 파베티를 갖는 격자를 형성한다. 다른 파베티를 갖기 위해 실험에 사용된 움직이는 창은 그림 6과 같이 임의의 위치에 존재하면서 "10×10"의 면적을 가지면서 움직이도록 설계되었다.

실험에 사용된 LCD의 화소수는 가로 640개와 세로 480개의 총 307,200개로 "10×10"의 화소를 창의 기본크기로 사용할 경우 LCD의 한 열(row)에서 만들 수 있는 어드레스의 개수는 64개이고 이것을 2차원 공간으로 확장할 경우 1,536(64×24)개의 어드레스를 만들 수 있다. 그리고 "2×2"의 화소를 창의 기본크기로 사용하여 2차원 공간으로 확장할 경우 총 38,400(320×120)개의 어드레스를 만들 수 있다.

본 논문에서는 LCD에서 움직이는 창에 의해 영상의 누화없이 각다중화가 될 수 있음을 증명하기 위해 수직방향과 수평방향으로 30개의 다른 어드레스를 갖는 창을 만들었다. 그림 6은 실험에 사용된 어드레스

의 위치를 나타낸 것으로서 수직방향과 수평방향으로 총 30개의 창을 만들었으며, 그림에서 각 화소는 실제로 10×10개의 화소를 포함하고 있기 때문에 각 어드레스의 면적은 420μm × 420μm이다. 그림 6에서 숫자로 표시된 밝은 부분이 빔이 나오는 부분이고 나머지 부분은 입력된 빔이 차단되기 때문에 창이 움직일 때마다 다른 방향으로 입사되는 기준빔, 즉, 다른 어드레스를 갖는 기준빔을 생성할 수 있다.

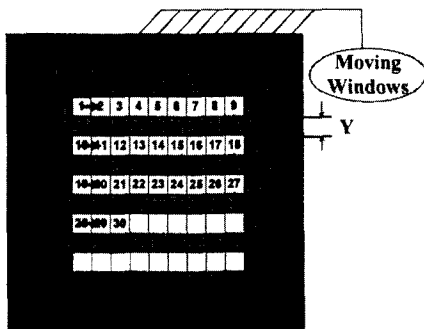


그림 6. 입력주소를 갖는 움직이는 창
Fig. 6. Input addresses by a moving window.

본 논문에서 사용한 입력영상은 총 30개이며, 이 중에서 10개의 복원영상을 그림 7에 나타내었다. 그림 7에서 좌측 아래에 있는 번호는 그림 6에서의 창의 입력 어드레스를 나타내며, 각 그림은 좌측아래에 해당하는 입력어드레스를 갖는 창을 이용하여 기록했다가 복원한 영상들이다.



그림 7. 복원한 영상
Fig. 7. Reconstructed Images.

그림 7에서 보는 바와 같이 창을 이동시켜서 복원한 각 상들은 누화가 없이 선명한 영상을 보여주는 것을 알 수 있고, 본 논문에서 제안된, 움직이는 창을 이용한 각 다중화 방법이 유용하다는 것을 보여준다.

그림 6에서 LCD에서 1번 창이 on되면 나머지 부분은 off되며, 2번 창이 on되면 나머지 부분은 off된다. 이와 같은 방법으로 30개의 창이 만들어지며, 이 창들은 그림에서 보는 바와 같이 부여된 번호순으로

on된다. 이와 같이 본 논문에서 사용된 창과 창 사이의 간격은 각 다중화 방법이 성립하기 위한 각 선택도보다 더 크므로 연속된 창을 이용하여서 영상을 기록하였다가 복원하여도 누화가 발생하지 않았다.^[1]

본 논문에서 제안된 방법을 이용하면 이론적으로는 LCD화면에 존재하는 화소의 개수만큼 기준빔을 만들 수가 있다. 그러나, LCD의 창에서 나오는 빛을 푸리에 변환시켜주는 푸리에 변환 렌즈의 개구의 크기에 의해 제한을 받게 된다. 본 논문에서 사용된 렌즈의 직경은 1인치이므로 LCD화면에서 사용할 수 있는 창은 렌즈의 직경과 일치하는 부분 내에 존재하는 경우에 대해서만 기준빔으로 사용될 수 있다는 것을 확인할 수 있었다. 따라서, LCD의 대각선 길이보다 큰 직경을 갖는 렌즈를 사용하면 LCD의 전체화면에 존재하는 모든 창에서 나오는 빛을 기준빔으로 사용할 수 있을 것이다. 물론, 이렇게 된다 하더라도 기준빔이 물체빔과 간섭을 일으켜 광굴절매질에 정보를 저장하기 위해서는 적당한 밝기를 가져야 한다. 적당한 밝기를 유지시키기 위해서, 본 논문에서는 하나의 화소에서 나오는 빛을 기준빔으로 사용하지 않고 “10×10”개의 화소를 on시켜 하나의 창을 만들고 여기에서 나오는 빛을 기준빔으로 사용함으로써 물체빔과의 간섭에 의해 정보를 저장할 수 있는 밝기를 주었고, 이런 경우에 광굴절매질에 정보가 제대로 저장되는 것을 확인할 수 있었다.

이러한 결과로부터 본 논문에서 제안된 방법을 이용하여 LCD에서 창을 만들고 이를 이동시킴으로써 광굴절매질에 정보를 저장하기 위해 각각 다른 어드레스를 만들 수 있고, 이를 이용하여 영상정보를 기록하고 복원하는 것이 가능하다는 것을 입증하였다.

IV. 결 론

본 논문에서 제안된 방법은 기존의 기계적인 방법이나 AOD를 이용하여 기준빔을 제어하는 것보다 훨씬 간편하고 정확하게 광정보의 주소를 지정할 수 있다는 것이 장점이다. 즉, 이 방법은 기준빔과 물체빔의 기계적인 움직임 없이 전자적으로 정밀하게 제어함으로써 기계적인 움직임이 포함되었을 때 발생하는 누화현상을 제거할 수 있다. 또한, 제안된 방법은 공간 다중화 방법 즉, 광굴절매질을 이동시켜서 공간적으로 정보를 기록하고 또한, 동일한 공간에서 LCD의 창을 움직임

으로써 많은 정보를 기록할 수 있는 가능성을 가지고 있어 차후에는 공간 다중화와 각 다중화가 결합된 복합 다중화에 대한 연구를 진행하고자 한다.

참 고 문 헌

- [1] J. H. Hong, I. McMichael, T. Y. Chang, W. Christian, and E. G. Paek, "Volume holographic memory systems: techniques and architectures," *Opt. Eng.* vol. 34, no. 8, pp. 2193-2203, 1995.
- [2] P. J. Van Heerden, "Theory of optical information storage in solids," *Appl. Opt.* vol. 2, pp. 393-400, 1963.
- [3] F. H. Mok, "Angle-multiplexed storage of 5000 holograms in lithium niobate," *Opt. Lett.* vol. 18, no. 11, pp. 915-917, 1993.
- [4] G. A. Rakuljic, V. Leyva, and A. Yariv, "Optical data storage by orthogonal wave-length-multiplexed volume holograms," *Opt. Lett.* vol. 17, no. 20, pp. 1471-1473, 1992.
- [5] 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.
- [6] Y. H. Kang, K. H. Kim, and B. Lee, "Volume holgram scheme using optical fiber for spatial multiplexing," *Opt. Lett.* vol. 22, no. 10, pp. 739-741, 1997.
- [7] S. Tao, D. R. Selviah, and J. E. Midwinter, "Spatioangular multiplexed storage of 750 holograms in an Fe:LiNbO₃ crystal," *Opt. Lett.* vol. 18, no. 11, pp. 912-915, 1993.
- [8] H. Lee, X. Gu, and D. Psaltis, "Volume holographic interconnections with maximal capacity and minimal cross talk," *J. Appl. Phys.* vol. 65, no. 6, pp. 2191-2194, 1989.

저 자 소 개

金秀吉(正會員) 第33卷 A編 第10號 參照
현재 호서대학교 전임강사

金奎兌(正會員) 第34卷 D編 第4號 參照
현재 광운대학교 전자공학과 박사과정

金恩洙(正會員) 第34卷 D編 第4號 參照
현재 광운대학교 전자공학과 교수