

# 광굴절 매질에서 AOD를 이용한 각다중화 시스템

## Angular Multiplexing System using AOD in Photorefractive Material

문홍섭, 이승현, 김은수  
광운대학교 전자공학과  
m401@explore.kwangwoon.ac.kr

각다중화 방법<sup>[1]</sup>은 가장 일반적인 다중화 방법 중의 하나로 광굴절매질에 입사되는 기준빔의 방향을 변화시킴으로써 다른 다중화 방법들에 비해 더 많은 영상을 저장할 수 있는 장점이 있다. 기준빔의 입사각을 변화시키는 방법으로는 대표적으로 스텝모터를 이용하는 기계적 제어방법과 본 논문에서 사용한 AOD(acousto-optic deflector)를 이용하는 전자적 제어방법이 있다. 스텝모터를 이용하는 기계적 각도 제어방법은 느린 처리속도와 기록과 복원 과정에서 발생할 수 있는 기계적인 오차로 인한 정확한 어드레스의 처리가 불가능하다. 그러나 AOD를 이용하는 각다중화 방법은 기준빔의 각도를 전자적으로 제어함으로써 임의의 데이터를 빠른 속도로 처리할 수 있으면서 정확한 어드레스를 갖는 시스템의 구현이 가능하다. 즉, 모든 데이터 페이지가 기준빔 각도(Bragg조건)로서 정의된다면, 각 페이지는 빔 각도가 변하는 속도만큼 빠르게 기록 및 재생이 가능하므로 AOD와 같은 전자적인 빔 스캐너를 이용하여 고속 랜덤 액세스가 가능하다. 따라서 본 논문에서는 AOD를 이용하여 주파수 가변에 따른 브래그 영역에서 발생하는 1차 회절광의 각도 변화를 이용한 각다중화 시스템을 구현 및 AOD를 통해 회절되는 편향각을 렌즈의 조합을 이용하여 확대함으로써 보다 많은 데이터를 저장하고자 하였다.

AOD에 의한 광파의 회절 현상은 광학 매질의 굴절률이 음파에 의해 변화되는 음향 광학 효과에 기반을 두고 있다. 빛과 음파의 상호 간섭 현상 중에서 가장 간단한 형태로서 평면파가 초음파에 의해 형성된 굴절 격자를 광분할기처럼 부분적으로 통과하는 현상을 들 수 있다. 보강 간섭을 일으키며 브래그 조건을 만족하는 각도,  $\theta_B = \frac{\lambda}{2A} = \frac{\lambda f}{2v}$  로 입사되는 빔은 음파의 파장  $A$ 에 의해 형성된 평행한 반사 격자에 의해 회절 된다.<sup>[2]</sup> 여기서  $f$ 는 음파의 주파수이고  $v$ 는 매질내의 음파의 속도이다. AOD를 통과하여 회절되는 빔의 각도,  $\theta_D = 2\theta_B = \frac{\lambda f}{v}$  와 같다. 여기서 광원의 파장  $\lambda$ 과 음파속도  $v$ 는 상수 값이기 때문에 회절각  $\theta_D$ 는 주파수  $f$ 에 의해 결정된다. 따라서 AOD에 인가되는 RF 주파수가 가변되면 회절각  $\theta_D$ 가 바뀌게 되어 광굴절 매질에 각다중화 기법을 적용하여 기록할 수 있다.

본 시스템에서는 저장 용량을 증가시키기 위해 한쌍의 렌즈를 조합하여 AOD의 편향각 범위를 확장시켰다.<sup>[3]</sup> 일반적으로 광굴절매질에 입사되는 편향각의 범위가 확대 될수록 저장할 수 있는 영상의 개수는 증가된다. 그림 1은 AOD 편향각 확대를 위해 기준빔부에 사용되는 시스템 구성도를 나타낸다

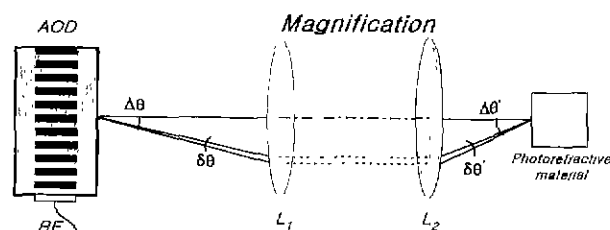


그림 1. 편향각 확대도

여기서  $\Delta\theta$ 와  $\Delta\theta'$ 는 각각 AOD의 편향각 대역폭과 광굴절 매질에 입사되는 확대된 편향각 대역폭을 나타낸다. 본 시스템에는 편향각 범위  $\Delta\theta = 0.312^\circ$ 인 AOD를 이용하여 광굴절매질에 입사되는 편향각의 범위  $\Delta\theta' = 1.56^\circ$ 가 되도록 확대시켰으며, 각선택도<sup>[4]</sup>,  $\delta\theta' = A/\lambda = 0.006^\circ$  ( $A$ : 기준빔 직경)로 하고 이에 해당하는 AOD의 변조 주파수 간격,  $\delta f$ 를 156kHz가 되도록 설계하여 영상간의 누화(crosstalk)가 발생되지 않도록 하였다.

그림 2는 AOD를 이용한 각다중화 시스템의 구성도이다. AOD에 입사되는 빔의 작은 전 주파수 대역에서 균일한 빔세기를 갖도록 중심 주파수가 70MHz에 해당하는 브래그 각인  $0.27^\circ$ 가 되도록 하였다. 또한, AOD의 도플러 변이(Doppler shift)현상에서 비롯되는 주파수차를 고려하여 물체빔과 기준빔의 1차 회절광만을 사용하여 기록시켰다. 실험에 사용된 광굴절매질은 Fe:LiNbO<sub>3</sub>(1cm, 45°cut)이고 광원은 Coherent사의 532nm의 파장을 갖는 100[mW] 레이저를 사용하였다. 그리고 AOD에 필요한 5W의 고주파출력을 얻기 위해 Motorola사의 광대역 트랜지스터를 이용한 AMP를 사용하였고 주파수 카운터를 이용하여 AOD의 변화된 주파수를 측정하였다.

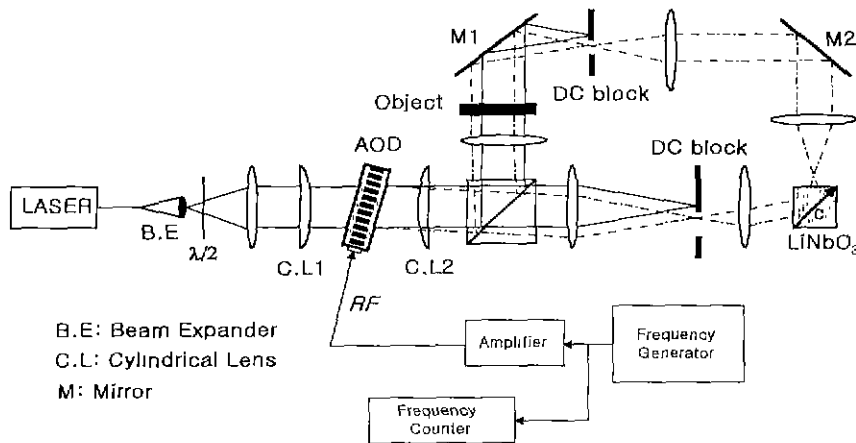


그림 2. AOD를 이용한 홀로그래픽 각다중화 시스템

본 논문에서는 AOD의 주파수 가변에 따른 빔 편향 특성을 이용하여 빠른 액세스 시간과 오차없는 홀로그래픽 각다중화 시스템을 구현하였다. 또한 저장 용량을 증가시키기 위해 본 시스템에서는 렌즈 조합을 이용하여 AOD의 편향각 범위를 5배 확대시킴으로써 보다 고밀도의 각다중화 시스템을 구현하였다.

참고 문헌

[1] F. H. Mok, "Angle-multiplexed storage of 5000 holograms in lithium niobate," Opt. Lett., vol. 18, pp. 915-917, 1993.  
 [2] A. Yariv, and P. Yeh, Optical Waves in Crystal (Wiley-Interscience, 1984) ch. 9.  
 [3] L. d'Aura, J. P. Huignard, C. Slezak, and E. Spitz, "Experimental Holographic Read-write Memory Using 3-D Storage," Appl. Opt., vol. 13, pp. 808-818, 1974.  
 [4] Xin An, and Demetri Psaltis, "Experimental characterization of an angle-multiplexed holographic memory," Opt. Lett., vol. 20, pp. 1913-1915, 1995.