

## 입체영상을 위한 렌티큘러 렌즈 어레이 설계

### Design of a lenticular lens array module for stereoscopic vision application

김현영\*, 박현용, 이은녕, 조성민\*, 심용식\*, 이승걸, 오범환, 박세근, 이일항  
 인하대학교 정보통신공학부 마이크로 포토닉스 연구센터(micro-PARC), \*LGS Corporation  
 ehlee@inha.ac.kr

조명각 변조방식에 의한 3차원 디스플레이 모듈의 구성요소는 back light unit(BLU), stripe-patterned LC shutter, lenticular lens sheet이다.<sup>(1)</sup> 이런 3차원 디스플레이 에서 조명각도의 올바른 변조를 위해서는 stripe-patterned LC shutter, lenticular lens sheet 상호 결합이 가장 중요하다. 그림 1 은 이러한 입체영상 module의 개념도이다. 그림과 같이 LC shutter위에 적절한 렌티큘러 렌즈 어레이를 설치할 때, 줄무늬 모양의 면 광원에서 방출된 빛이 한번은 정확히 오른쪽 눈으로 다음 번에는 왼쪽 눈으로 향하게 하여 양안 시차에 의해 3D영상이 보이도록 하는 것이 이 모듈의 핵심원리이다. 따라서 적절한 렌즈의 설계가 요구되는데 본 논문에서는 렌즈의 기본 공식들과 기하학적 특성들에 의해서 렌티큘러 렌즈를 설계 하였다. 렌즈설계 과정에서 많은 미지수들을 고정된 변수와 독립적인 변수로 나눌 수 있었는데, 고정된 변수는 관측자의 눈과 렌즈의 거리( $D$ )를 425mm, 눈과 눈 사이의 거리( $K$ )를 65mm, 그리고 PMMA로 렌티큘러 렌즈를 제작하기 때문에, 가시광선의 중심 파장에 대해 굴절률( $n$ )을 1.4917로 결정하였다. 표면 거칠기 문제와 제작 공정상의 문제 때문에 렌즈의 곡면부의 두께를 20~120  $\mu\text{m}$ 사이로 제한하였다. 이러한 제한조건과 렌즈의 기본 공식들과 기하학적 특성들을 이용하여 각각의 변수값을 그림 2 와 같은 과정에 의해 얻을 수 있었다. 그 결과 stripe pattern pitch는 298mm, 렌즈 pitch 0.59mm, 렌즈의 두께를 1.5mm, 렌즈 곡면부의 두께를 0.0979mm로 설계할 수 있었으며, 렌즈설계 과정에서 변수들의 변화에 대한 성능의 cross talk 민감도에 대한 공차분석 하였다.

렌티큘러 렌즈의 공차분석을 위해 제작 공정상 오차로 작용할 수 있는 변수를 렌즈의 두께 ( $d$ ), 렌즈 곡면부의 두께 ( $d_1$ ), stripe pattern과 렌즈의 mismatch (배열의 어긋남) 로 결정하였다. 허용 가능한 변수의 오차의 크기를 0.01%로 가정 하였으며, 모듈 상에서 조명각도를 변조 시켜줌으로써 양안에 서로 다른 정보를 제공한다는 원리에 입각하여 가장 중요한 성능 인자로서 cross talk 으로 결정하였다. cross talk 측정 방법은 유한광선 추적법<sup>(2)</sup>을 사용하여 컴퓨터 전산모의 실험을 하였다.<sup>(3)</sup> 주어진 하나의 렌티큘러 렌즈와 그것에 포함된 stripe pattern 한 쌍에 대하여 광선추적을 한 다음 각각의 양안에 들어오는 빛의 세기를 계산하였다. 같은 방식으로 각각의 렌즈와 stripe pattern들에 대해서도 양안의 동공에 들어오는 빛의 세기를 계산한 후 전체 렌즈들에 대해서 오른쪽과 왼쪽 눈 각각에 대해 입사하는 빛들을 합산해 주면 각각의 눈에 대한 window profile을 얻을 수 있었다.(그림 3) 또한 각 변수의 제작 공정상의 공정오차에 따른 window profile에 대한 분석을 하였으며, 그 결과 성능인자를 cross talk로 봤을 때  $d_1$ 과  $d$ 의 경우는 제작과정 시 어느 정도의 오차가 cross talk에 미치는 영향이 상대적으로 작았지만 그림 4, 5 에서 보듯이 렌즈와 stripe pattern의 mismatch 가 (렌즈의 pitch에 오차가 생길 때) 일어날 때 +0.01% 오차에서는 cross talk이 매우 크게 나타나며, -0.01%의 오차를 가질 때에는 중앙부분에서는 빛의 intensity가 0으로 나타남으로써 작은 오차에도 모듈 성능을 저하시킴을 알 수 있었다.

입체영상 모듈에 의해 해상도 저하 없이 입체 영상을 보이기 위해서는 최적의 렌티큘러 렌즈의 설계가 요구어진다. 렌즈 설계 시 렌즈의 기본 공식들과 기하학적 특성들에 의해서 설계변수를 결정하였다. 렌즈 성능 인자로서 cross talk으로 결정하였으며, cross talk 측정 방법은 유한광선 추적법을 사용하였다. 분석 결과 제작 과정에서 렌티큘러 렌즈와 stripe pattern의 matching이 중요함을 알 수 있었다.

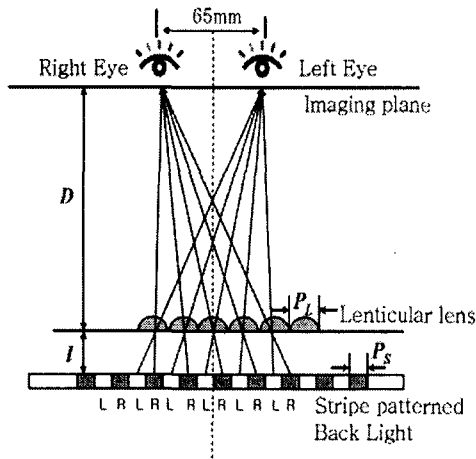


그림1. 입체영상 모듈의 개념도

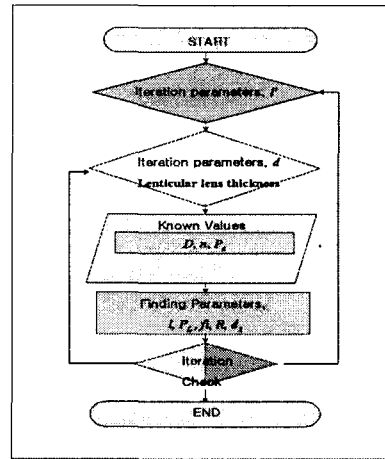


그림2. 순서도(flow chart)

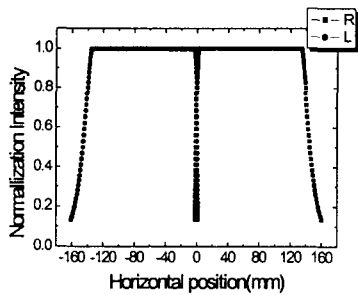


그림 3 설계치에 의한 window profile

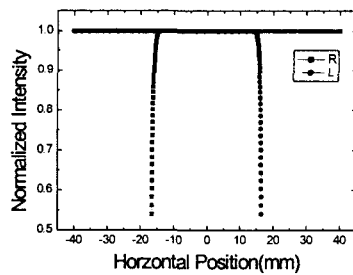


그림 4 렌즈 pitch가 +0.01%의 오차 일 때의 window profile

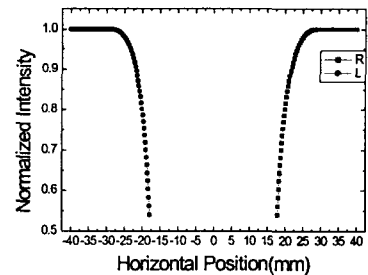


그림 5 렌즈 pitch가 -0.01%의 오차 일 때의 window profile

### 감사의 글

본 연구는 산업자원부가 지원하고 있는 차세대 신기술 개발 사업 중 (주)엘지에서 주관하는 조명가 변조를 이용한 모바일용 고해상도 Stereoscopic Module 개발 사업의 위탁 세부과제로서 수행중이며, 이에 관계자 여러분들께 감사의 말씀을 올립니다.

### 참고 문헌

1. K.Toyooka, T.Miyashita and T.Uchida, "The 3D Display Using Field-Sequential LCD with Light Direction Controlling Back-light", Dept. of Electronics, SID'01 digest, pp.174-177, (2001)
2. 李相洙, 大學物理學選書 幾何光學 教學研究社, pp.61-64. (1985)
3. Bong-Ryeol Lee and Yeon-Ho Lee, "Optical Characteristics of Lenticular Autostereoscopic Display System," Journal of the Optical Society of Korea, vol 7, pp.9-16, (1996)