

Polygon Mirror Scanning(PMS)을 위한 렌즈의 구면 수차 보정 시뮬레이션

Simulation of Lens Aberration Correction
for Polygon Mirror Scanning(PMS)

신승연, 최진산*, 김인회, 박광범, 문현찬
전자부품연구원 전자소자센터, *서울대학교 전기공학부
ssyeon@hanmail.net

Abstract

Polygon Mirror Scanning(PMS) is composed of LED array, magnifying lens, polygon mirror and motor. It is important to correct the lens aberrations to gain the image we want to show. In this paper, we have simulated the lens aberration correction to reduce the spherical aberration. We have obtained a aspherical lens which is corrected the spherical aberration.

1. 서론

정보화 시대에 이르러 이동 통신 산업은 포화 상태에 달았으며 단말기 역시 소형화, 경량화 되어 가는 추세이다. 하지만 현재 이동 통신에 이용되는 단말기로는 특성상 한정된 문자 정보 서비스만이 가능할 뿐 다량의 문자나 동화상 정보를 제공하지 못하는 결점이 있다. 차세대 이동 통신 단말기는 이런 결점을 보완하여 많은 양의 정보뿐만 아니라 동화상 정보까지 한꺼번에 보여줌으로서 표현 한계를 극복할 수 있어야 한다. 이를 현실적으로 구현하기 위해서는 가상 디스플레이가 가장 적합하다고 본다. Polygon Mirror scanning(PMS) 방식은 위의 결점보안 뿐만 아니라 고화질, 고휘도, 긴수명, 저비용등 특성을 가지고 있는 디스플레이 장치로서, 그림 1과 같이 광원인 LED array, 렌즈, polygon mirror, 그리고 mirror를 회전시키기 위한 motor부의 내부부로 구성된다. LED Array를 통해 나오는 빛은 1차원 이미지를 만들어 렌즈를 통해 mirror로 보내지고 회전하는 mirror에 의해 scanning되어 2차원 이미지를 만든다. 이 때 2차원 이미지는 렌즈에 의해 확대된 가상 화면이며, 왜곡을 최소화하기 위해서는 렌즈의 설계가 중요하다. 본 연구에서는 PMS를 이용한 디스플레이 장치에 필요한 렌즈를 설계하기 위한 시뮬레이션을 하였으며, 결과를 광학계 설계 프로그램인 Solstis로 확인하였다.

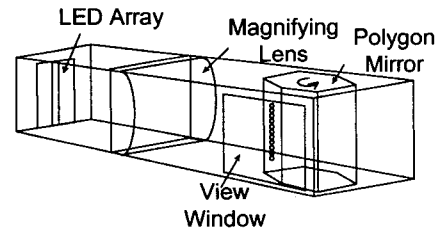


그림 1: PMS의 구조

2. 수차 보정

PMS에서 스캐닝된 2차원 이미지는 렌즈의 수차에 의해 왜곡이 생기거나 blur현상이 나타나게 되므로 이러한 수차를 보정해주어야 한다. 수차에는 aperture에 따른 초점의 변화로 정의되는 구면수차, aperture에 따른 확대율의 변화로 정의되는 코마, tangential 방향과 sagittal 방향의 이미지가 일치하지 않을 때 생기는 astigmatism 등이 있다. 수차는 렌즈의 곡률을 바꿔주거나 비구면 렌즈를 사용하여 제거할 수 있다. 본 실험에서는 이러한 수차 보정을 위해 비구면 렌즈를 사용한 시스템을 고려하였다.

구면 수차를 제거하기 위해 비구면 렌즈를 설계하기 위해서는 식 (1)에 나타나 있는 비구면을 나타내는 방정식에서 적당한 A_2, \dots, A_j 의 계수값을 결정하여야 한다.

$$x = f(y, z) = \frac{cs^2}{1 + \sqrt{1 - c^2s^2}} + A_2s^2 + A_4s^4 + \dots + A_js^j \quad \text{where, } s^2 = y^2 + z^2 \quad (1)$$

식 (1)에서 x 는 x 축에서 s 만큼 떨어진 거리에 있는 표면 위의 점의 좌표이고, c 는 곡률반경이고, A_2, \dots, A_j 는 비구면 계수이다.

3. 시뮬레이션

수차 보정을 위해 본 실험에서는 미리 설정되어 야하는 값들이 있다. 이 값들은 PMS의 크기를 고려하여 설정된 임의의 값이다. 그림 2는 실험에 사용한 광학 시스템도이다. S1~S4은 평면을 나타내는 변수이고, N은 굴절률, T는 각 평면간의 거리, C는 렌즈의 곡률 반경이다. R은 렌즈의 높이이고, Y는 광원의 높이이다. 실험에서는 렌즈의 종류로 BK7을 사용하였다. 각각의 파라미터는 표 1과 같다.

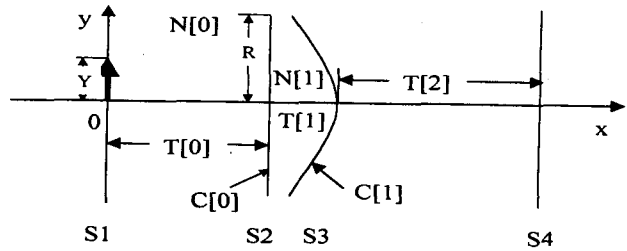


그림 2: 렌즈의 수차 제거를 위한 시스템도

표 1: 시뮬레이션에 사용된 파라미터 [mm]

변수명	데이터	변수명	데이터	변수명	데이터
T[0]	20	N[0]	0	C[0]	0
T[1]	5	N[1]	1.514521	C[1]	-1/18
T[2]	24.5	R	9	Y	4

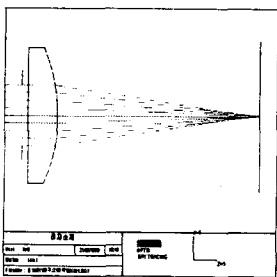
본 실험에서는 비구면 계수 값을 결정하기 위해서 광원축을 5등분하여 5개의 광원을 만들었다. 첫 번째 광원에서 나오는 ray가 미리 정한 초점의 한계에 들어올 수 있도록 A₂의 값을 조정한다. ray가 정해진 초점 한계에 들어오면 두 번째 ray를 초점의 한계에 들어올 수 있도록 A₄의 값을 조정한다. 하나의 점광원에서 나오는 ray가 오차범위내에 존재하도록 반복적인 방법으로 비구면 계수를 update하는 방법을 사용하여, 모든 ray가 초점한계에 들어올 때까지 반복한다. 이때 광축에 가까운 ray를 보정하기 위해서는 낮은 차수의 계수를 update하며, 광축에서 먼 ray를 보정하기 위해서는 높은 차수의 계수를 update한다. 이러한 방법을 사용하면 구면 수차를 보정할 수 있다.

4. 결과

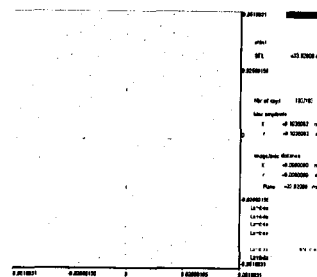
결과로 얻은 비구면 계수 값은 표 2와 같다. 그림 3, 4는 Solstis를 이용한 시뮬레이션 결과로, ray trace와 spot diagram이다. 그림 3은 렌즈를 구면으로 하였을 때의 결과이고, 그림 4는 비구면으로 하였을 때의 결과이다. 렌즈를 구면으로 하면 광축에서 출발한 빛이 0.101809[mm] 범위 내에 모이나, 비구면으로 하면 0.0002245[mm] 범위 내에 모여 수차가 제거됨을 볼 수 있다.

표 2: 비구면 계수

A ₂	-0.01188009333332
A ₄	0.00010096455554
A ₆	-0.00000021623565
A ₈	-0.00000000040305
A ₁₀	0.0000000001243

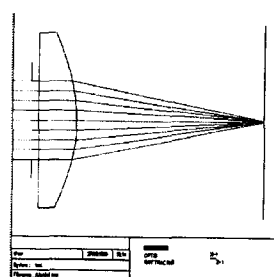


(a) ray trace

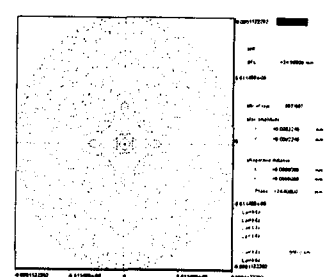


(b) spot diagram

그림 3: 구면 렌즈 시뮬레이션 결과



(a) ray trace



(b) spot diagram

그림 4: 비구면 렌즈 시뮬레이션 결과

본 실험에서는 반복계산을 통해 구면 수차를 줄이는 방법으로 비구면 계수를 구했으며, 그 결과를 이용하여 PMS에 적합한 비구면 렌즈를 설계하였다.

참고문헌

[1] Warren J. Smith, *Modern Optical Engineering*, McGraw-Hill Inc., 1990.
 [2] In Hoe Kim, Kwang Bum Park, Hyun Chan Moon, "High Efficiency 400dpi AlGaAs LED Array Fabrication for PMS(Polygon Mirror Scanning)", Proc. ASID'99, pp.151-155, 1999.