

자유곡면 광학렌즈의 곡면합성기법 연구

Curvature Blending Method of Lens with Free Form Surface

*이호철¹, 김도현²

*H. C. Lee¹(hcleee@hanbat.ac.kr), D. H. Kim²

¹ 한밭대학교 기계공학부, ²한밭하이테크(주)

Key words : Curvature, Blending, Lens, Free Form Surface

1. 서론

자유곡면의 광학렌즈는 회전대칭이 아닌 비회전 대칭의 형상을 가지고 있으며, 사용하는 용도에 따라서 다양한 형상을 요구하고 있다. 특히 특정의 매개변수 표현에 의한 알려진 기존의 비구면 설계 수식의 곡면으로 표현하기 어려운 경우가 있다. 이러한 경우에는 불가피하게 곡률의 변화에 맞게, 연속성을 가지면서 광학 곡면을 표현하여야만 한다. 그러나 이러한 대화형 설계 방법은 상용의 CAD 소프트웨어나 광학전용설계 소프트웨어에서 쉽게 구현되기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 주어진 특정 곡면의 곡률을 가진 두 개의 곡면을 합성(blending) 하는 방법과 그 결과 제시하고자 한다.

2. 자유곡면 합성

비회전대칭의 비구면에 대하여 정해진 곡률에 따른 곡면 표현식은 다음과 같다. 렌즈면의 정점에서의 기본곡률(base curvature) $c(=1/R, R: \text{기본곡률반경})$ 과 원추면상수 $k(\text{conic constant})$, 고차의 비구면 보정계수 A, B, C, D (aspheric deformation constant) 등에 의해서 다음 식과 같이 표현될 수 있다¹.

$$Z = \frac{C_x X + C_y Y}{1 + \sqrt{1 - (1 + K_x) C_x^2 X^2 - (1 + K_y) C_y^2 Y^2}} \quad (1)$$

원추계수 k 는 비구면렌즈 형상에 따라서 표 1과 같이 정의된다.

Table 1 Conic constant of the optical surface

Hyperboid	Paraboid	Ellipsoid (minor axis)	Sphere	Ellipsoid (major axis)
$k < -1$	$k = -1$	$-1 < k < 0$	$k = 0$	$k > 0$

한편으로 곡면의 곡률이 아닌 설계 조정점(control points)에 의한 자유곡면 표면은 B-spline 에 의해 따라서 B-spline 곡면에 의해 가능하다². 예로 들어 차수(n, m)의 Bezier 곡면은 다음 식으로 주어진다.

$$r(u, v) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m B_i^n(u) B_j^m(v) P(i, j) \quad (2)$$

여기서, $P(i, j)$ 는 조정점(control points)이고, Bernstein polynomial은 다음과 같다.

$$B_i^n(u) = \binom{n}{i} u^i (1-u)^{n-i} \quad (3)$$

또한, 자유곡면에서의 특정점에서의 두 개의 주곡률은 k_1 ,

k_2 로 구해질 수가 있으며, 이경우에 평균 곡률은 곡면의 배율(power)이고 그 편차는 비점수차(astigmatism)이다.

3. 곡면 설계 결과

식(1)과 (2)의 혼용에 의해 설계된 곡면의 결과는 Fig.1과 같다.

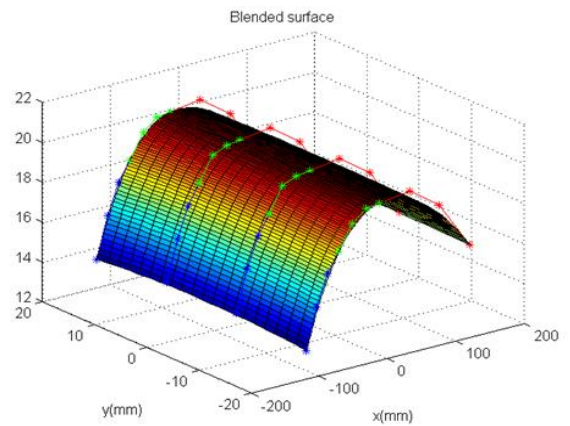


Fig. 1 Free form surface by curvature blending

모두 9개의 패치(patch)로 구성되며 각 패치는 16개의 조정점을 갖고 있다. 각조정점은 패치 경계에서의 곡률이 연속하도록 고려되었다. 곡면의 평균 곡률은 특정의 곡률을 갖는 영역과 그 두개의 영역을 연결하는 영역으로 합성되어 Fig 2로 설계되었다.

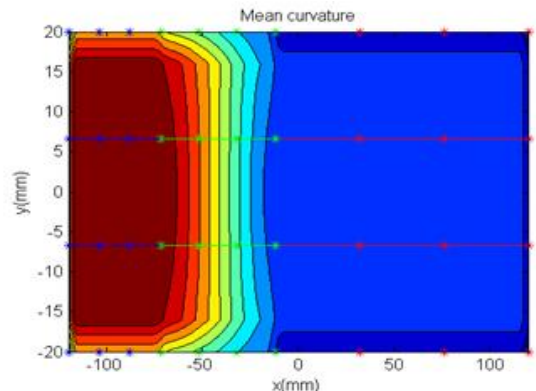


Fig. 2 Mean power distribution of the surface

각 영역의 경계에서는 연속성은 보장은 상(image)의 급격한 변화를 주지 않으면서도 배율을 변화하도록 고려되어지고, 수직방향으로는 배율의 변화가 가능한 억제되도록 하였다. 또한 주곡률의 편차는 Fig 3과 같으며 비점수차가 수평방향으로 억제되어졌고, 특정의 가장자리에만 비점수차가 분포하도록 하여 주사용지역에서의 상의 왜곡이 최소화되도록 하였다.

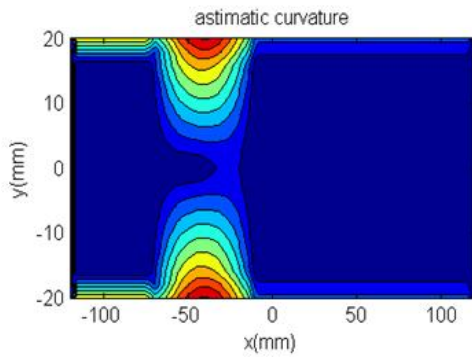


Fig. 3 Astigmatism distribution of the surface

4. 결론

본 연구에서는 자유곡면의 광학면을 설계하는데 있어서, 특정 곡률의 영역들을 합성하여 그 경계 영역을 표현하는 방법을 제시하였다. 또한 평균곡률과 비접수차의 분포를 표현하는 방법과 이를 이용한 상의 왜곡을 최소화한 설계 예를 제시하였다.

후기

본 연구는 교육과학기술부의 특정기초연구지원사업 지원에 의하여 수행되었습니다. (과제번호: R01-2008-000-10757-0).

참고문헌

1. Malacara, D., 1992, "An optical surface and its characteristics," Appendix 1 in Optical Shop Testing, John Wiley & Sons, 743-753, 1992.
2. Piegel, L., Tiller, W., The NURBS Book, 2nd Ed., Springer, 1997.