

텔레센트릭 렌즈의 광학 왜곡 측정

The measurement of telecentric lens optical distortion

* #안정호¹, 이윤형²

*#J. H. Ahn(jhahn@ssu.ac.kr)¹, Y. H. Lee²

¹ 숭실대학교 기계공학과, ² 숭실대학교 기계공학과 대학원

Key words : telecentric lens, optical distortion

1. 서론

텔레센트릭 렌즈는 대상물의 거리의 차이로 인해 크기가 다르게 투영되는 현상을 최소화한 것으로 검사장비 등에서 정밀한 측정을 위하여 사용하고 있다.

본 연구는 정밀측정용 텔레센트릭 렌즈의 왜곡 특성을 파악하여 측정정밀도 향상을 위한 기초자료로 활용하고자 수행하였다.

2. 장치구성

광학오차 측정에 사용한 시스템은 DALSA의 4M60 4 메가픽셀 카메라, 일본 Optart의 TCLF0400-M 양측 텔레센트릭 렌즈와 Edmund optics의 라인 그리드 타겟을 사용하였다.

카메라는 주로 PCB 검사, 반도체 웨이퍼 검사, FPD 검사 등과 같이 고속 고해상도 시스템에 사용하는 것으로 사양은 Table 1과 같다.

렌즈는 F 마운트 메가 픽셀 카메라에 대응한 고정도 양측 텔레센트릭 렌즈이며 사양은 Table 2와 같다. 카메라와 렌즈를 조합하여 측정할 이미지의 한 화소는 0.0185mm에 해당된다.

보정면으로는 비전시스템의 왜곡 보정 및 FOV 측정 등에 사용하는 Edmund Optics사의 Line grid target을 사용하였으며 사양은 Table 3과 같다. 보정면은 병진과 회전이 가능한 스테이지에 고정하였다. 전체적인 장치 구성은 Fig. 1과 같다.

Table 1 Specification of DALSA 4M60 camera

Feature	Specification
Resolution	2352x1728
Pixel Size	7.4µm x 7.4µm
Image Area	17.4mm x 12.79mm
Effective pixel fill factor	60%

Table 2 Specification of Optart TCLF0400-M bilateral telecentric lens

Feature	Specification
Magnification	×0.4
Working Distance	167mm
Depth of Field	4.7mm
Field of View	38mm x 38mm
Optical Distortion	+0.012%

Table 3 Specification of Edmund Optics line grid target

Feature	Specification
Pattern Area	30.1mm x 30.1mm
Overall Accuracy	±0.002mm
Line Spacing (Center to Center)	1±0.001mm
Line Thickness(Center Line)	0.1mm



Fig. 1 Experimental setup for the measurement of optical distortion.

3. 측정

광학 왜곡 측정을 위하여 Fig.1 과 같이 구성된 시스템으로부터 Fig. 2와 같은 영상을 획득하였다. 획득한 영상으로부터 Fig. 3과 같이 수직 및 수평 방향으로 주사선을 따라서 얻어진 스캔라인에서 선의 중심을 2차 다항식 곡선으로 근사화하여 찾았다.

각 수직 및 수평 스캔라인별 곡선의 중심을 Fig. 4와 같이 2차다항식 곡선으로 근사화하여 수평 및 수직 격자선의 수직을 찾았다. 2차다항식으로 표현된 수직 및 수평 격자선과 측정점과의 평균오차량은 Fig. 5와 같다. 수평과 수직 격자선들 사이의 교차점을 계산하여 격자무늬의 격자점 좌표로 하였으며 그 결과 중 광학적 왜곡에 대한 부분만 Fig. 6에 나타내었다.

주점(principal point)을 수직 및 수평 격자선의 곡률을 이용하거나, 격자선의 길이 또는 영상의 중심으로하고 2차 광학왜곡이 0인 지점을 주점으로부터 10mm 정도로 하여 각 격자점의 광학왜곡을 구하여 Fig. 7에 나타내었다. 주점의 위치에 따라 왜곡량도 달라짐을 알 수 있다. 측정된 이미지의 한 화소는 보정면에서 약0.01849mm 정도에 해당한다.

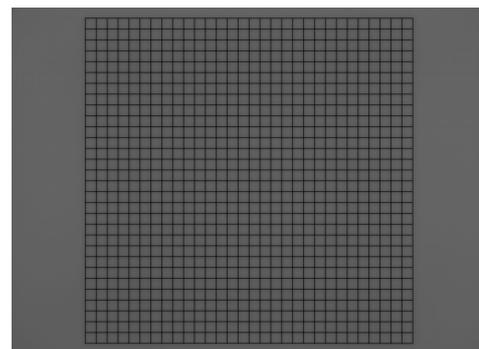


Fig. 2 Captured image of the calibration target.

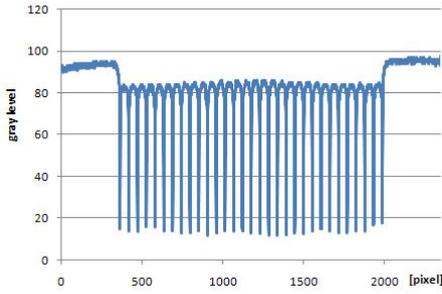


Fig. 3 Gray level of a horizontal scan line.

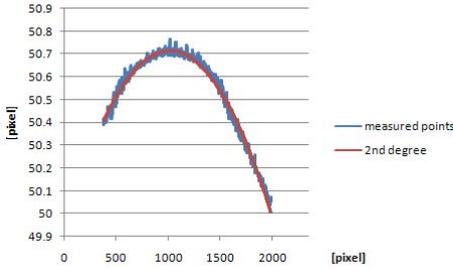


Fig. 4 Second degree polynomial curve fit of a horizontal line.

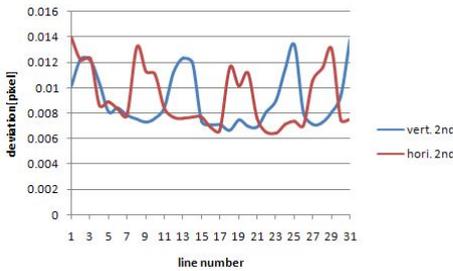


Fig. 5 Average absolute deviations of each horizontal and vertical lines.

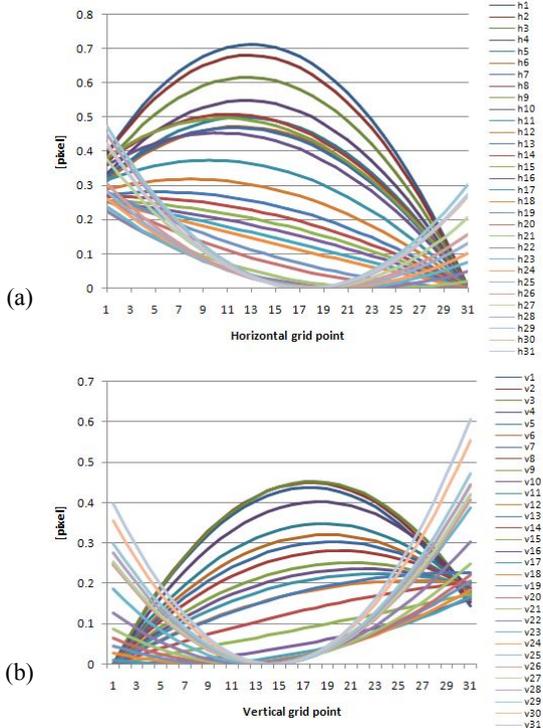


Fig. 6 Intersections (grid points) of (a) horizontal and (b) vertical 2nd degree polynomial curves

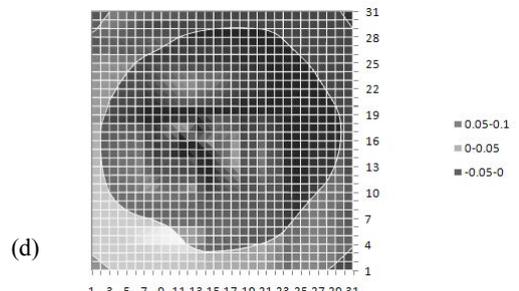
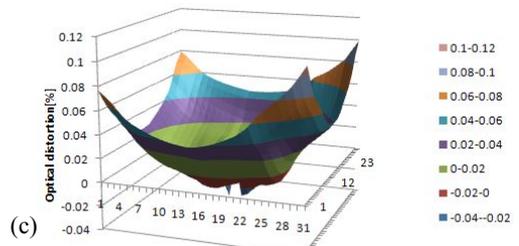
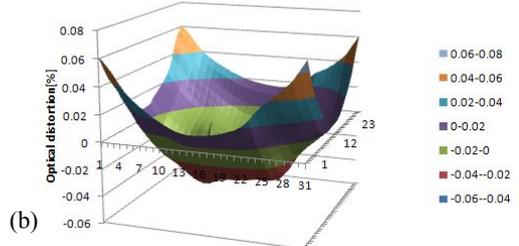
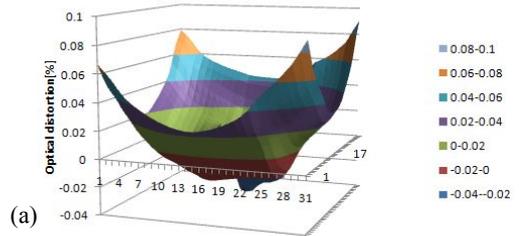


Fig. 7 Optical distortions with the second zero crossing around 10mm in radius and the principal point based on (a) the curvature, (b) the chord length, (c) the image center and (d) the chord length.

4. 결론

텔레센트릭 렌즈의 광학적 왜곡을 2차 다항식 곡선을 주로 이용하여 획득한 영상으로부터 보정면의 격자점을 추출했다. 측정결과 측대칭 형상과 유사한 핀쿠션(pincushion) 형태의 왜곡을 확인할 수 있었다. 광학적 왜곡에 의한 오차 보정을 다항식을 이용하여 하기에는 편차가 심하여 격자점의 오차맵을 이용하여 측정점을 구하는 것을 고려할 수 있다.

정밀한 렌즈의 보정에 있어서 광학계 정렬과 조명 및 주변의 광학적, 물리적 오염 차단 등이 결과에 영향을 주므로 특별한 관리가 필요하다.

후기

본 연구는 지식경제부의 부품소재기술개발사업의 지원에 의하여 수행되었으며, 이에 관계자 여러분에게 감사드립니다.

참고문헌

1. Bernd Jähne and Horst Haußecker, Computer vision and applications, Academic press, pp. 161,2000