

컴퓨터비전을 이용한 차륜정렬 측정 시스템개발에 관한 연구

Development of a Wheel Alignment Measurement system using Computer Vision

*#정용훈¹, 장민호²

*#Y. H. Jung(signvj@gmail.com)¹, M. H. Chang²

¹ 고려대학교 기계공학과, ² 고려대학교 기계공학과

Key words : Wheel alignment, Computer vision, Camber, Toe, Optical measurement, Wheel position

1. 서론

차륜정렬(Wheel alignment)은 토인(Toe-in), 캠버(Camber)등 바퀴와 지면, 바퀴와 바퀴, 바퀴와 차량 사이의 기하학적 정렬을 말한다. 차량 운행 중 노면의 충격과 현가장치의 노화로 바퀴의 운동을 조절하는 링크가 변화되어 최초 완성 차량의 차륜정렬과 다른 값을 가지게 되고 이는 차량의 동적 특성을 변화시켜¹ 주행시 문제를 야기할 수 있다.

이러한 차륜정렬의 변화는 기계적, 광학적, 전기적 측정 장비를 통하여 측정될 수 있고 정비업체에서 측정, 정비되고 있다. 일반적으로 차륜정렬의 측정과 정비는 공간과 인력의 제약으로 시스템의 부피, 무게, 측정 방식에 따라 사용자의 선호도가 확실하게 나타나며 과거 기계식 측정에서 전자, 광학식 측정 장비로 개발 사용되고 있는 추세이다.

본 연구에서는 차륜정렬 측정에 카메라를 이용하여 타깃의 위치를 얻는 방법을 제안하였다.

2. 차륜정렬 측정 시스템

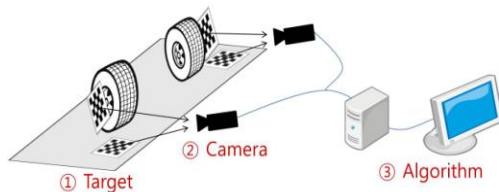


Fig. 1 Wheel alignment measurement system (WAM) configuration

본 차륜 정렬 측정 시스템(WAM)은 타깃, 카메라, 측정 알고리즘으로 구성되며 양측의 카메라가 차량용 리프트 위에 위치한 타깃을 각각 촬영 하고 촬영된 영상에 나타난 패턴을 분석하여 차륜정렬 값을 산출한다.

3. 측정 방법

3.1 카메라 보정

본 시스템은 카메라 내부 특성(1)² 과 렌즈 특성(2)³ 을 구하여 영상을 보정한 후 얻어진 이미지와 카메라 특성 정보를 이용한다.

$$\begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$x_{corrected} = x + [2p_1y + p_2(r^2 + 2x^2)]$$

$$y_{corrected} = y + [2p_2y + p_1(r^2 + 2y^2)] \quad (2)$$

3.2 카메라 관계

양측의 타깃을 각 카메라로 측정하기에 앞서 보정된 카메라 두 대의 관계를 설정하는 과정이 필요하다.

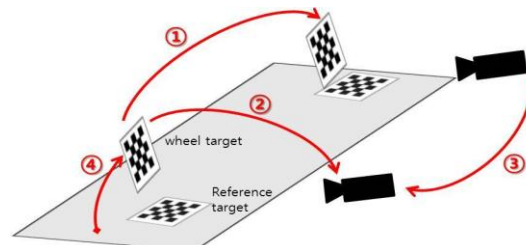


Fig. 2 Camera relative position process

$$T_{cam1} = \begin{Bmatrix} R_1 & X_1 \\ & Y_1 \\ & Z_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{Bmatrix} \quad T_{cam2} = \begin{Bmatrix} R_2 & X_2 \\ & Y_2 \\ & Z_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{Bmatrix} \quad (3)$$

$$T_c = T_{cam1}^{-1} T_t T_{cam2} \quad (4)$$

본 방법은 기존 차륜정렬 측정 시스템에서 카메라 관계 측정 시 사용하고 있는 Calibration Bar⁴ 없이 측정하는 방법으로 Photogrammetry 3 차원 타깃 측정 장비를 이용하여 리프트에 놓여진 타깃과 타깃간의 관계 fig. 2의 ①(Tt)을 구한다. 동일 타깃을 측정한 각 카메라와 타깃의 관계 ②(Tcam1, Tcam2)을 이용하여 (4)의 수식으로 카메라 관계(Tc)를 얻는다.

3.3 차륜정렬 측정

카메라 시스템 구성이 완료된 후 카메라 보정 값을 이용하여 타깃이 카메라 센서에 투영변환 되는 관계인 Homography 를 구한다. Homography 를 통해 타깃과 카메라간의 변환을 구하고 차륜 정렬에 해당하는 각 타깃의 단위벡터를 이용하여 Toe, Camber 각도를 얻게 된다.

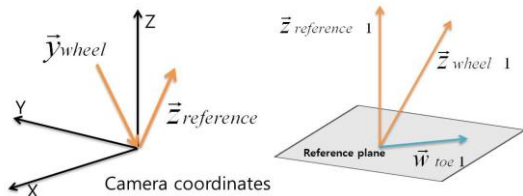


Fig. 3 Camber (left) & toe (right) vector in the camera coordinate

4. 실험

보정된 카메라를 이용하여 1:10scale 에서 임의의 fig. 2 의 Wheel target 과 Reference target 을 배치하여 실험을 실시하였다.

Table 1 Scale down test of WAM

	Photogrammetry	WAM	σ
Camber	2.579145°	2.565464°	0.006614
Toe	0.02046°	0.02044°	0.000001

본 실험에서는 Schneider Cinegon 12mm, Point Grey Chameleon camera 를 사용 하였으며 카메라 보정은 규칙적 패턴을 이용하여 카메라 내, 외부 정보를 구하는 방법을 사용하였다.^{5,6}

5. 결론

Photogrammetry 를 이용하여 측정한 타깃 각도와 본 연구에서 구현한 시스템(WAM)과 비교 한 결과 요구 정밀도 0.02~0.05°에 비해 충분한 정밀도를 얻을 수 있었다.

본 연구에서 제안 된 Photogrammetry 를 이용한 타깃 관계측정 방법과 Homography 를 이용한 3 차원 타깃 각도 검출 방법은 기존 차륜정렬 측정방법에서 예상되는 문제점 중 카메라 관계측정 과정에서의 초점문제, Calibration bar⁴ 의 정밀도 문제, 조명 환경에 따라 타깃의 촬영 이미지 변형으로 야기되는 오차 값 문제에 적용이 가능하다.

참고문헌

1. Sohn S. H. & Song Y. M., "The influences of wheel alignment to vehicle dynamic characteristics," KIA Technical center & KIA R&D Center, The Korean Society of Automotive Enginners, Vol.2, No.10, 142-149, 1993.
2. J. Heikkilä and O. Silvén, "A Four-step Camera Calibration Procedure with Implicit Image Correction.", In IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition(CVPR'97), 1106-1112. 1997.
3. D. C. Brown, "Decentering distortion of lenses," Photogrammetric Engineering32, 444-462, 1966.
4. Co. Snap-on, "Wheel Aligner Service Manual", 2005
5. Zengyou Zang, "A Flexible New Technique for Camera Calibration," IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 22, No. 11, 11330-1334, 2002.
6. Bradski, G.R., Kaehler, A.: Learning OpenCV. O'Reilly (2008)