

# 홀위치 측정을 위한 레이저비전 시스템 개발

## A Laser Vision System for the High-Speed Measurement of Hole Positions

노영식\*, 서영수\*\*, 최원태\*\*\*  
 Young-Shick Ro\*, Young-Soo Suh\*\*, Won-Tai Choi\*\*\*

**Abstract** - In this page, we developed the inspection system for automobile parts using the laser vision sensor. Laser vision sensor has gotten 2 dimensions information and third dimension information of laser vision camera using the vision camera. Used JIG and ROBOT for inspection position transfer.

Also, computer integration system developed that control system component parts and manage data measurement information. Compare sensor measurement result with CAD Data and verified measurement result effectiveness taking advantage of CAD to get information of measurement object.

**Key Words** :Laser Vision, Hole Position, Automation

### 1. 서 론

우리나라 자동차 산업은 빠른 기술개발, 국산화, 디자인 기술 습득, 가격경쟁력 확보 등으로 세계 5위의 자동차 생산 및 수출국으로 발전하였다. 그러나 이러한 고도의 성장을 이어 세계 최고의 자동차 강국으로 가는 길에는 핵심기술 및 첨단 기술력 미흡, 무역불균형에서 오는 통상마찰, 중국의 급성장, 품질관리 미흡 등의 수많은 과제들이 산재해 있다. 그 중에서 특히 자동차 차체 및 부품에 대한 품질관리 기준이 완벽하게 확립되어 있지 않아 수출 차량이 크레임 되어 폐기되는 건수도 빈번하게 발생하고 있으며, 현재의 차체 및 부품 정도 측정 시스템은 간이형 검사 Jig를 이용하여 사람에 의한 Sampling 측정방식으로 현실적인 완벽한 품질관리가 이루어지기 어려운 것이 현실이다. 이는 경제적인 측면에서도 매우 불합리한 요소이기에 다차종 다사양 생산 체제에서 고품질의 완성차를 생산하기 위해서는 합리적인 품질관리 활동 기법의 도입이 필수적이다. 따라서 생산 라인에 완성차 및 부품의 정도 측정 시스템을 설치하여 실시간으로 정도를 측정하고 완성차 및 부품의 정도 정보를 Database화 함으로써, 품질 문제 발생시 신속한 문제 분석 및 대응이 가능하도록 하여야 한다.

본 시스템은 측정 대상을 전용 JIG 장치에 의하여 측정하던 방식을 Robot와 Laser Vision Sensor를 이용하여 자동으로 측정하는 장비로 기존 측정 방법에 비하여 다양한 ITEM에 대한 대응이 가능하고, 측정 Data를 신속하게 얻을 수 있으며, 측정 Data를 Database화 할 수 있다.

### 2. 레이저 비전 센서 개발

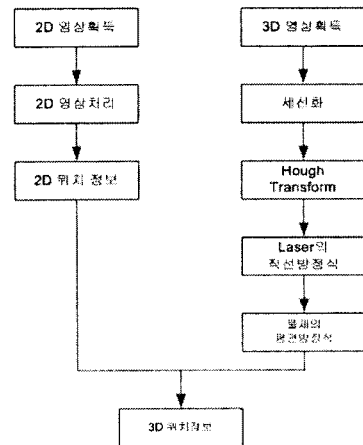


그림 1. 3차원 위치정보를 산하기 위한 흐름도

#### 2.1 2D-3D 좌표변환 알고리즘

본 알고리즘은 2D-3D CCD상의 좌표를 Target이 놓인 Plane의 평면방정식을 이용하여 공간상의 좌표로 변환하는 알고리즘이다. 이는 2D-3D CCD에 잡힌 Target의 중심좌표를 공간상의 좌표로 변환하는데 이용된다. 평면 방정식의 기본형과 이에 따른 Normal vector는 다음과 같다.

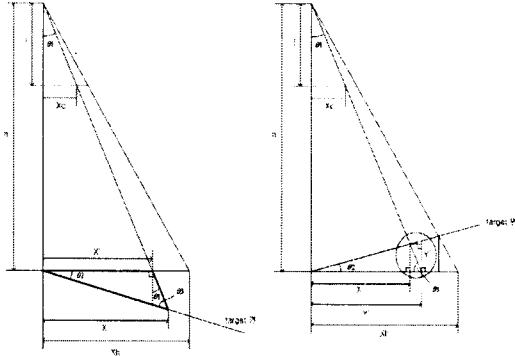
$$ax + by + cz + d = 0$$

$$N = (a, b, c)$$

Normal Vector로 얻어진 각 축으로의 기울기값( $\theta$ )은 CCD 면과 평행한 직선을 기준으로 다음과 같이 두 경우로 구분되어진다.

#### 저자 소개

- \* 노영식: 울산대학교 전기전자공학과 교수
- \*\* 서영수: 울산대학교 전기전자공학과 부교수
- \*\*\* 최원태: 울산대학교 전기전자공학과 석사과정



(a) x의 계수가 음 (b) x의 계수가 양  
그림 2. Target면의 기울기 값

2.1.1 Normal Vector의 x의 계수(a or b)가 음일 경우

그림 2.(a)는 Normal vector의 (a or b)가 음일 경우의 그림이다. 여기서,

- f: 초점거리
- h: 원점과 평면까지의 수직거리
- $X_h$  or  $Y_h$ : 높이가 h 일때 Camera 영역의 1/2면적
- $X_C$  or  $Y_C$ : x or y의 CCD 좌표값
- $X'$  or  $Y'$ : x or y가 회전각이 없을 경우 공간 좌표값
- $X$  or  $Y$ : x or y가 회전각  $\theta_2$ 를 가질 경우 실제 좌표값이다. 붉은 실선의 부분을 떼어내어 보면 다음과 같다.

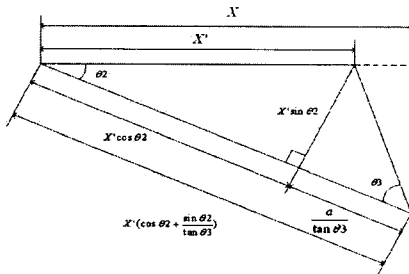


그림 3. X의 실제 공간 좌표값

여기서 구하고자 하는 X는 다음과 같다.

$$X = X' \cos \theta_2 \left( \cos \theta_2 + \frac{\sin \theta_2}{\tan \theta_3} \right) \quad (1)$$

2.1.2 Normal Vector의 x의 계수가 양일 경우

그림 2.(b)는 Normal vector의 (a or b)가 양일 경우의 그림이다. 그림에서 X를 구하기 위해 타원 부분을 확대하면 다음과 같다.

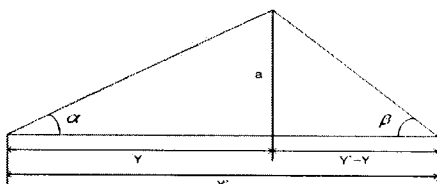


그림 4. 공간 좌표에서의 X와 Y

여기서  $\alpha = \theta_1$ 이고  $\beta = 90^\circ - \theta_3$  가 됨을 알 수 있다. 최종적인 X를 구하면 다음과 같다.

$$X = \frac{\tan \beta}{\tan \theta_1 + \tan \beta} X' \quad (2)$$

2.2 평면방정식 및 Normal Vector 알고리즘

센서 모듈은 두 개의 Line Laser, 2D Camera, 3D Camera, 조명장치, 750nm Lens Filter로 구성된다. 이 센서 모듈의 기하학적 구성도는 다음과 같다.

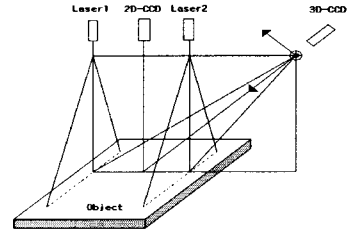


그림 5. Laser 센서 모듈 구성도

그림 5에서 보듯이 측정하고자 하는 Object의 수직선상에 두 개의 Line Generator가 Laser Beam을 비추고 있다. 그리고 Camera는 Laser와 같은 높이에서 100mm 떨어져 그곳에 위치해 있다

2.2.2 평면방정식 알고리즘

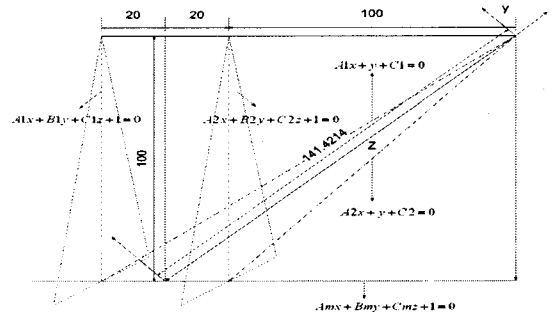


그림 6. 영상면의 평면방정식

카메라 좌표계를 기준으로 Laser 광원1의 평면의 방정식과 광원2의 평면의 방정식을 알고 있고, 물체 평면과 만나서 형성되는 두개의 라인에 대한 카메라 영상면에서의 직선 방정식을 알고 있다면, 다음과 같은 관계식으로부터 물체면의 평면의 방정식을 구할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} 1 - A_1 & 0 \\ 0 - C_1 & 1 \\ 1 - A_2 & 0 \\ 0 - C_2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_m \\ b_m \\ c_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 - b_1 A_1 \\ c_1 - b_1 C_1 \\ a_2 - b_2 A_2 \\ c_2 - b_2 C_2 \end{bmatrix} \quad (3)$$

여기서

- (1) 광원1의 평면방정식 :  $a_1x + b_1y + c_1z + 1 = 0$
- (2) 광원2의 평면방정식 :  $a_2x + b_2y + c_2z + 1 = 0$
- (3) 광원1의 영상면 직선방정식 :  $A_1x + y + C_1 = 0$
- (4) 광원2의 영상면 직선방정식 :  $A_2x + y + C_2 = 0$

### 3. 고속 계측 시스템 개발

메인 컴퓨터에 의해 사용자는 Sensor, Jig, Robot을 제어할 수 있다.

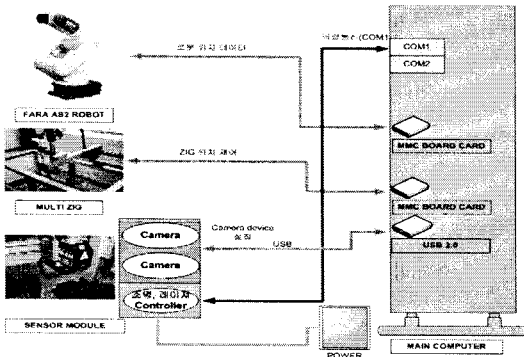


그림 7. 하드웨어 구성도

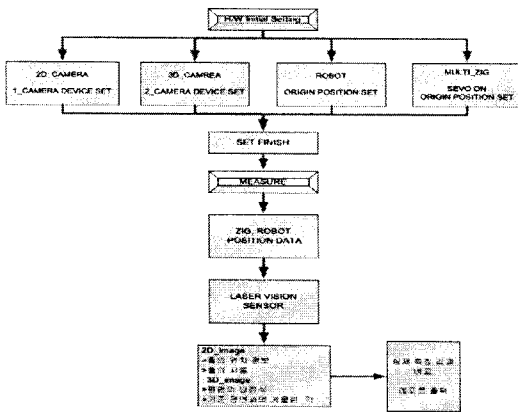


그림 8. 소프트웨어 흐름도

#### 3.1 Multi Jig 시스템

측정물을 공간상의 좌표지점에서 측정할 수 있는 시스템이다. 동일 측정 대상이 여러 곳에 있을 경우 그 지점까지 이동하여 대상물이 위치하게 된다. 그림 9는 본문에서 구현한 JIG 시스템이다.

#### 3.2 Manipulator 제어 시스템

6축 삼성 FARA AT2를 사용하였으며 Motion Control Board, FARA Motor Drive를 이용해 로봇을 제어할 수 있게 그림 10와 같이 구성하였다.

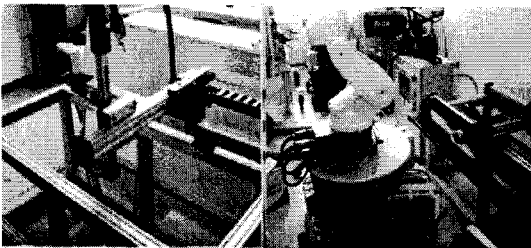


그림 9. Multi Jig 장치

그림 10. 로봇 제어 장치

### 4. 적용 결과 및 실험



그림 11. 측정 대상

본 실험에서 사용한 측정대상물은 그림 11와 같은 원통형 물체이고 홀의 직경은 12.5mm이다. 홀의 중심의 위치가 (705, 150, 940) 일 때 위치에 대한 측정값과 홀의 반경에 대한 측정값은 각각 표 1과 같다.

표 1. 센서 측정 결과

위 치	측정값	원통형	측정값
X	705	Length1	12.7
Y	150.92	Length2	12.6
Z	939.77	Radius	12.6

### 5. 결 론

본 논문은 기존의 물체를 고정하고 로봇 펜던트를 이용한 프로그램을 해야 했던 숙련 작업들을 사용자가 편리하게 좌표 저장만으로 물체를 측정할 수 있는 시스템을 구축하였다. 아직 더 편리하게 인터페이스를 해야 할 부분과 Database화시키는 부분을 보완하여야 한다. 그리고 CAD데이터와 비교할 수 있는 프로그램을 만드는 것이 최종단계가 될 것이다.

### 참 고 문 헌

- [1] Jihoung Chen, Daoshan Yang & Huicheng Zhou, "Avoiding Scurious Reflections form Shiny Surfaces On a 3D Real-Time Machine Vision Inspection System", Instrumentation and Measurement technology Conference, 1998. IMTC/98. Conference Proceeding. IEEE, Volume: 1, 18-21 May 1998, pages:364 - 368 vol.1
- [2] K.S. Arun, T.S. Huang and S.D. Blostein, "Least-squares fitting of two 3-D point sets", IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., vol.9, pp.698-700,1987
- [3] S. Singh, and M.C. Leu, "Optimal Trajectory Generation For Manipulators Using Dynamic Programming," ASME J. Dyn. Sys., Meas., Contr., Vol. 109, pp. 88-96, 1987