

# 무인 크레인 자동화 시스템 구축을 위한 통합 비전 시스템 개발

이지현\* · 김무현\* · 박무훈\*

\*창원대학교

Development of Intergrated Vision System for Unmanned-Crane Automation System

Ji-hyun Lee\* · Mu-hyun Kim\* · Mu-hun Park\*

\*Changwon National university

E-mail : mhpark@changwon.ac.kr

## 요 약

본 논문에서는 무인 크레인의 자동화 시스템 구축을 위하여 작업 공간 상에 있는 Slab와 Coil의 형상 판별 및 3차원 위치 좌표를 산업현장의 환경에 구애받지 않고 정확하게 추출할 수 있는 통합 비전 시스템을 개발하였다. 기존의 연구에서 Laser Scanner의 경우 산업현장의 환경에 영향을 많이 받기 때문에 정확한 물체의 형상 판별 및 위치 데이터를 추출 할 수 없는 경우가 빈번히 발생하였다. 이러한 단점들을 극복하기 위하여 본 논문에서는 Laser Scanner와 CCD 카메라를 정합하여 Slab와 Coil의 형상을 판별하고 3차원 위치좌표를 추출하는 통합 비전 시스템을 제안한다. 본 논문에서 제안한 시스템은 무인 크레인의 자동화 시스템 구축에 상당한 도움이 될 것으로 기대 된다.

## ABSTRACT

This paper introduces an integrated vision system that enables us to detect the image of Slabs and Coils and get the complete three dimensional location data without any other obstacles in the field of unmanned-crane automation system. Existing researches with laser scanner tend to be easily influenced by environment in the work place so they cannot give the exact location information. Also, CCD camera has some problems recognize the pattern because of intensity of illumination caused in the industrial setting. To overcome these two weaknesses, this thesis suggests laser scanner should be combined with CCD camera named integrated vision system. This system can draw more clear pictures and take the advanced 3D location information. The suggested system is expected to help build unmanned-crane automation system.

## 키워드

3차원 위치좌표 추출, Slab, Coil

## 1. 서 론

산업현장에서 인간의 편리함과 생산성 향상 그리고 원가절감을 위해 공장자동화가 활성화 되면서 각종 무인 시스템이 구축되고 있다. 무인 시스템 중 대표적인 것이 제품의 적재와 이동을 담당하는 크레인 장치이다. 무인크레인에 대상물의 형상 정보와 위치 정보를 사람의 눈을 대신하여 입력하기 위해 여러 가지 장비들이 사용된다. 대표

적인 장비로는 CCD 카메라와 각종 센서들을 들 수 있다[1].

기존의 연구에서는 CCD 카메라의 스테레오 비전을 이용하여 물체의 3차원 위치좌표를 추출하였다[2]. 실험 결과 CCD 카메라로만 물체의 3차원 위치좌표를 추출 할 경우 산업 현장이 저조도 환경일 때 정확한 데이터를 추출 할 수 없는 경우가 빈번히 발생하였다. 또한 레이저 스캐너만을 이용할 경우 산업 현장 내 환경의 영향을 받아 정확한

물체의 형상 판별 및 위치 데이터를 획득할 수 없었다[3].

본 논문에서는 이를 보완하기 위해 SICK사의 LMS 200 2D 레이저 스캐너와 Thosiba사의 Teli Giant 시리즈 CCD 카메라를 이용한 통합 비전 시스템을 제안한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 시스템의 전반적인 구성을 살펴보고 3장에서는 레이저 스캐너와 CCD 카메라를 통해 3차원 위치좌표 추출 방법과 정합 방법을 제안한다. 4장에서는 실험 및 결과 값을 제시하고 5장에서는 결론 및 향후 계획을 보여준다.

## II. 본 론

### 2.1 시스템 구성

그림1은 3DS MAX를 이용하여 구현한 무인크레인의 통합 비전 시스템의 Layout을 보여준다.

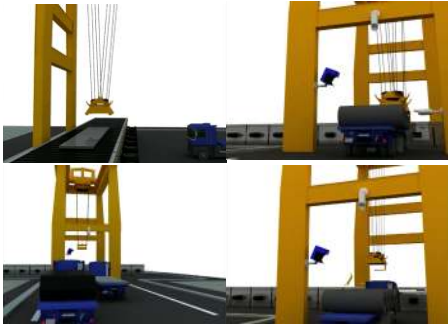


그림 1. 3DS MAX를 이용한 통합 비전 시스템의 Layout  
Fig 1. Layout of the integrated vision system made with 3DS MAX

### 2.2 인식 물체

본 논문에서는 통합 비전 시스템을 이용하여 산업현장에서 가장 일반적으로 사용되어지는 Slab와 Coil의 형상 인식 및 3차원 위치 좌표를 추출 한다. 그림 2는 Slab와 Coil의 외형을 보여 준다.



그림 2. Slab와 Coil  
Fig 2. Slab and Coil

### 2.3 장비 구성 및 실험 환경

레이저 스캐너는 독일 SICK사의 LMS 200 모델이며 RS-232 직렬포트를 사용하여 180°의 스캔 범위에 0.5°의 해상도 스캔 데이터를 가진다. CCD 카메라는 Toshiba Giant 시리즈 CSGX36BC3 CCD 카메라를 사용하였다.

실험에서 레이저 스캐너의 z축 기울기 각은 36°로 하였다. 레이저 스캐너와 CCD 카메라는 지면으로부터 100cm의 높이에 있으며 측정 물체의 정면에 레이저 스캐너를, 왼쪽 측면에 CCD 카메라를 설치하였다.



그림 3. 모의 실험  
Fig 3. Simulation

## III. 통합 비전 시스템 알고리즘

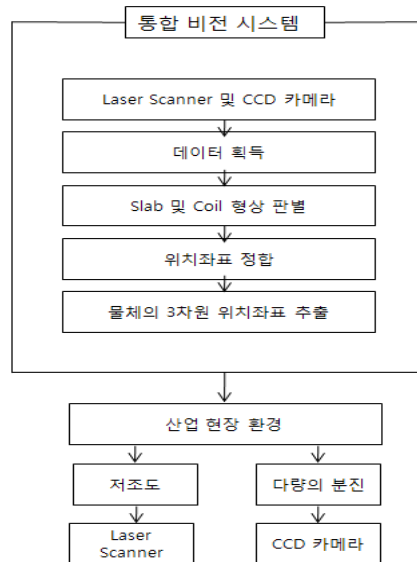


그림 4. 통합 비전 시스템 순서도  
Fig 4. The flow chart of integrated vision system  
그림 4는 통합 비전 시스템 순서도를 보여준다.

통합 비전 시스템은 크게 두 부분으로 이루어져 있으며 레이저 스캐너와 CCD 카메라를 이용하여 대상물의 형상 인식 및 3차원 위치좌표를 동시에 추출할 수 있다. 특히 산업 현장의 환경이 저조도 일 때에는 레이저 스캐너 알고리즘만을 이용하여 원하는 값을 얻을 수 있으며, 또한 산업현장 내에 다량의 먼지가 있을 경우에는 CCD 카메라 알고리즘만을 이용하여 정확한 대상물의 형상 인식 및 위치좌표를 추출할 수 있다.

**3.1 레이저 스캐너를 이용한 위치좌표 추출방법**

레이저 스캐너를 이용한 3차원 위치좌표 추출을 위해 첫 번째 레이저 스캐너로 획득된 길이 값의 차이를 이용하여 물체의 경계를 추출한다. 두 번째 물체의 경계와 레이저 스캐너의 z축 기울기 값(36°)을 이용하여 물체의 2차원 위치좌표 값을 얻는다. 마지막으로 물체의 형상 특징에 따라 Slab와 Coil을 판별하고, 이를 통해 최종적으로 물체의 3차원 위치좌표를 추출한다[3].

그림 5는 레이저 스캐너를 이용한 위치좌표 추출 방법을 보여준다.

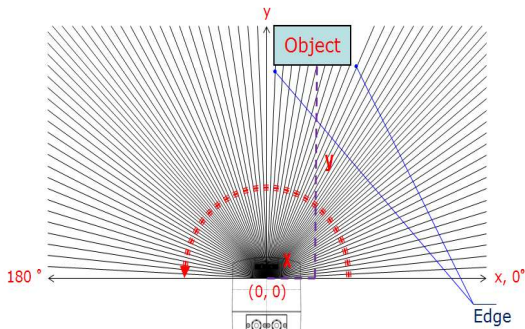


그림 5. 레이저 스캐너를 이용한 위치좌표  
Fig 5. Deciding the location coordinate with laser scanner

**3.2 CCD 카메라를 이용한 위치좌표 추출방법**

**3.2.1 물체의 외곽선 추출**

Canny 에지 검출 알고리즘은 서로 다른 영역을 구분하는 에지 픽셀들을 찾는 용도로 사용되지만 에지들이 어떠한 의미를 가지는지는 알려주지 않는다. 에지들을 이용하여 다양한 작업을 수행하기 위해서는 에지 픽셀들을 외곽선으로 만드는 과정이 필요하다. CCD 카메라를 이용하여 위치좌표를 추출하기 위하여 이진 영상으로부터 외곽선을 검출한다[4]. 그림 6은 이진화 과정 및 물체의 외곽선 추출 과정을 보여준다.

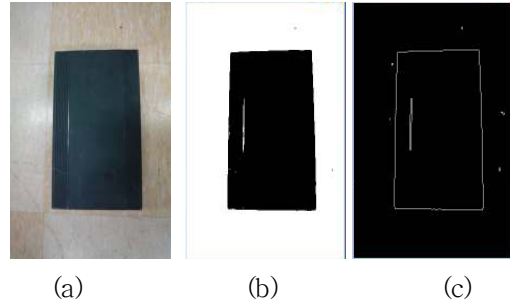


그림 6. 물체의 외곽선 추출: (a) 원본영상  
(b) 이진화 영상 (c) 외곽선 추출 후 영상

Fig 6. Detecting the outline: (a) Original image (b) Binary-coded image (c) After making the outline

**3.2.2 물체의 꼭짓점 및 3차원 위치좌표 추출**

물체의 꼭짓점은 외곽선의 시퀀스 내부에 저장되어 있는 점의 위치정보를 이용하여 추출할 수 있다. 우선 임의의 점에서 가장 먼 점을 첫 번째 꼭짓점으로 지정한다. 두 번째 꼭짓점은 첫 번째 꼭짓점에서 가장 먼 곳에 위치한 점을 지정하고 세 번째 꼭짓점도 똑같은 방법으로 찾아낸다. 네 번째 꼭짓점은 항상 꼭짓점의 거리정보를 이용하여 추출할 수 없기 때문에 수식 (1)을 사용하여 사각형의 넓이를 구한 후 정한다.

$$A = \frac{1}{2} (x_1y_2 - x_2y_1 + x_2y_3 - x_3y_2 + \dots + x_ny_1 - x_1y_n) = \frac{1}{2} \{x_1(y_2 - y_n) + x_2(y_3 - y_1) + \dots + x_n(y_1 - y_{n-1})\} \quad (1)$$

이미 구해둔 세 개의 꼭짓점과 나머지 한 점 즉, 윤곽선 상의 모든 점 (x, y)을 세 개의 삼각형으로 나누는 뒤 그 넓이의 합이 최대가 되는 점 (x, y)를 네 번째 꼭짓점으로 정한다.

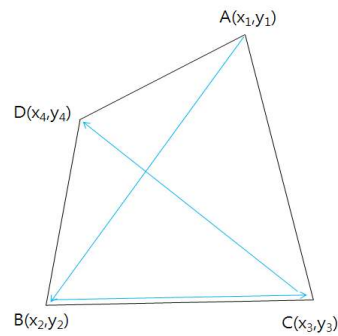
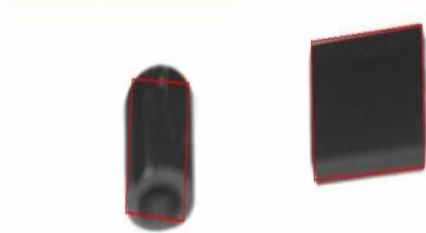


그림 7. 물체의 꼭짓점 추출

Fig 7. Finding the vertex

그림 7은 물체의 꼭짓점 추출을 보여준다. CCD 카메라를 이용하여 획득한 Slab와 Coil의 영상에서 Slab는 직사각형의 형태를 가지고 Coil은 정사각형에 가까운 형태를 가진다. 이러한 특징들을 이용하

여 앞서 구한 4개의 꼭짓점 좌표와 사각형 중심점 추출방법을 이용하면 Slab와 Coil의 형상 판별 및 2차원 위치좌표 추출을 할 수 있다. 무인 크레인 자동화 시스템에서 Slab는 전자석으로 물체의 중심을 들어 올리므로 3차원 위치좌표를 추출할 필요가 없으며, Coil은 정사각형 형태로 인식되고 후크를 이용하여 중앙의 홀에 걸어서 들어 올리므로 앞서 구한 꼭짓점 좌표를 직선으로 연결하여 구한 값을 반으로 나누어주면 3차원 위치좌표를 추출할 수 있다.



(a) (b)

그림 8. CCD 카메라를 이용한 물체의 2차원 위치 좌표 추출 (a) Slab (b) Coil

Fig 8. Figuring out 2D location value of the objects using CCD camera: (a) Slab (b) Coil

### 3.3 레이저 스캐너와 CCD 카메라의 위치좌표 정합

그림3의 실험 환경에서 레이저 스캐너는 물체의 정면에, CCD 카메라는 왼쪽 측면에 설치되어 있기 때문에 레이저 스캐너와 CCD 카메라의 원점이 일치하지 않는다. 따라서 통합 비전 시스템을 구현하기 위해서는 레이저 스캐너와 CCD 카메라의 원점을 일치시켜야 하며, CCD 카메라에서 획득한 영상의 원점을 기준으로 하였다. 그림 9는 레이저 스캐너에서 추출한 위치좌표와 CCD 카메라에서 추출한 위치좌표를 정합하기 위해서  $x_1$ 을  $y_1$ 로 치환하였다. 그 다음 레이저 스캐너의 원점에서부터 CCD 카메라 영상의 원점까지 거리만큼  $x$ ,  $y$ 축으로 길이를 보상하였다.

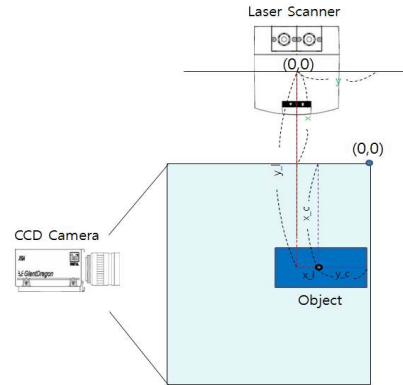


그림 9. 통합 비전 시스템에서의 위치좌표 정합

Fig 4. Finalizing the position coordinate using the integrated vision system

## IV. 실험 및 결과

### 4.1 Slab의 3차원 위치좌표 추출 결과

그림 10은 통합 비전 시스템을 이용한 Slab의 3차원 위치좌표 추출 결과를 보여준다. 왼쪽의 화면은 레이저 스캐너를 이용한 결과를 나타내며, 오른쪽 화면은 CCD 카메라를 이용한 결과를 보여준다. 표1은 통합 비전 시스템을 이용하여 추출된 Slab의 3차원 위치좌표 값을 나타낸다.

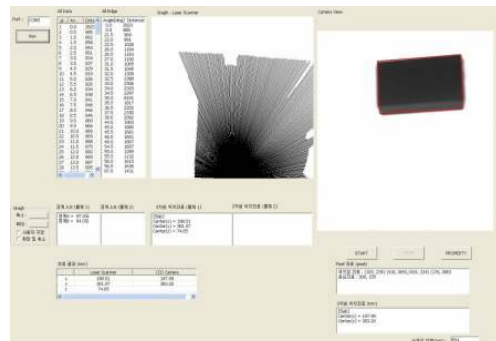


그림 10. Slab의 3차원 위치좌표 추출 결과

Fig 10. The consequence from the Slab

표 1. Slab의 3차원 위치 좌표 값

Table 1. 3D location value of Slab

	레이저 스캐너	CCD 카메라
x (mm)	198.51	197.39
y (mm)	381.97	383.20
z (mm)	74.65	

### 4.2 Coil의 3차원 위치좌표 결과 값

그림 11은 통합 비전 시스템을 이용한 Coil의 3

차원 위치좌표 추출 결과를 보여준다. 왼쪽의 화면은 레이저 스캐너를 이용한 결과를 나타내며, 오른쪽 화면은 CCD 카메라를 이용한 결과를 보여준다. 표2은 통합 비전 시스템을 이용하여 추출된 Coil의 3차원 위치좌표 값을 나타낸다.

- [2] 이승규, "스테레오 비전을 이용한 물체의 형상인식 알고리즘 개발", 창원대학교, 2008
- [3]곽성환, "Vision 센서를 이용한 물체의 형상인식에 관한 연구", 창원대학교, 2008
- [4] Gary Rost Bradski, Adrian Kaehler, Learning OpenCV 제대로 배우기, 한빛미디어, 2009

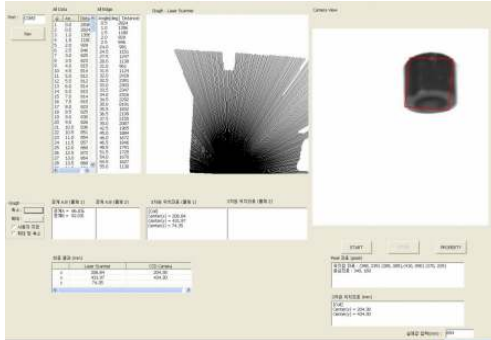


그림 11. Coil의 3차원 위치좌표 추출 결과  
Fig 2. The consequence from the Slab

표 2. Coil의 3차원 위치 좌표 값

Table 1. 3D location value of Coil

	레이저 스캐너	CCD 카메라
x (mm)	206.84	204.38
y (mm)	431.97	434.30
z (mm)	74.35	

### V. 결론 및 향후 계획

본 논문에서는 무인 크레인의 자동화 시스템 구축을 위하여 레이저 스캐너와 CCD 카메라를 결합하여 산업 현장에서 가장 일반적으로 사용되는 Slab와 Coil의 형상 인식 및 3차원 위치좌표를 추출하는 통합 비전 시스템을 제안하였다. 제안한 통합 비전 시스템을 이용하여 대상물의 3차원 위치좌표 추출 결과를 비교하면 4%미만의 오차범위인 것을 알 수 있다. 산업 현장에 사용되어지는 Slab와 Coil의 크기를 감안할 때 이 정도 오차는 무시할 수 있다고 여겨진다. 향후, 제안한 통합 비전 시스템을 산업 현장의 무인 크레인 HookBlock에 적용하여 무인 운반하역설비의 자동화 시스템 구축에 기여하기를 기대한다.

### 참고문헌

- [1] 조진연, "스테레오 비전을 이용한 3차원 물체 측정에 관한 연구", 서울산업대학교, 2002