

---

# 스테레오 비전을 이용한 물체의 위치정보 추출 알고리즘 개발

김무현\* · 이지현\* · 이승규\* · 김영희\* · 박무훈\*\*

A Development of Object Position Information Extraction Algorithm using Stereo Vision

Moo-hyun Kim\* · Ji-hyun Lee\* · Seung-kuy Lee\* · Young-hee Kim\* · Mu-hun Park\*\*

---

이 논문은 2009년도 창원대학교 교내 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

---

## 요 약

무인 운반설비의 자동화 시스템 개발의 한 부분으로써 Stereo vision system에 관한 많은 연구가 진행되고 있다. Stereo vision system에서는 영상을 통해 특정 물체를 검색하고 검색된 물체 정보를 기반으로 Edge를 추출하고, 추출된 Edge를 이용하여 물체의 위치적 특징을 찾고 무인크레인이 이동해야할 위치좌표를 전달한다. 본 논문에서는 실제 산업현장에 가장 보편적인 형상인 Slab와 Coil을 기준으로 두 대의 CCD camera를 이용하여 물체의 형상을 인식하고, 무인크레인의 Hookblock부분이 물체의 중심점을 찾는 알고리즘을 개발하였다. 본 논문에서는 Stereo vision system의 카메라 설치 위치에 따라 직교식과 수평식으로 2가지의 방식을 제안, 실험을 하였다. 본 논문에서 제안한 알고리즘은 무인 운반설비의 자동화 시스템 개발에 도움이 될 것으로 기대된다.

## ABSTRACT

As factory automation is getting popular, there has been a lot of research concerned with stereo vision systems as a part of an automation system with unmanned moving equipment. In the stereo vision system, information about an object could be gained by searching through images. Edges which are based on the information about an object are used to find the position of the object and send a message of its position coordinate to a unmanned crain. This thesis proposes an algorithm to find the center point of the object's surface which is connected to the unmanned crain's hookblock, and to recognize the shape of the object by using two CCD cameras. At first, getting information about the edges, and distinguishing each edge's characteristics depend on user's option, and then find the location information by a set of positions that are proposed. This thesis is expected to be devoted to the development of an automation system of unmanned moving equipment.

## 키워드

비전 시스템, 이미지, 에지, 후크블럭, 위치정보

## Key word

vision system, images, Edges, hookblock, location information

---

\* 창원대학교 공과대학 전자공학과  
\*\* 창원대학교 (교신저자, mhpark@changwon.ac.kr)

접수일자 : 2010. 03. 24  
심사완료일자 : 2010. 03. 30

## I. 서 론

생산 공정 및 관리 등 산업분야 뿐만이 아니라, 생활 생산, 생활용 로봇, 의료 시스템 등 인류의 모든 분야에 있어서 현재 점차적으로 자동화로 발전되고 있으며, 작업 및 생활의 편리성을 강조하고 있다. 이에 자동화 시스템의 도입으로 인하여 누구나 손쉽게 작업설정을 하고 기계 스스로 원활하게 작업을 수행할 수 있도록 개선되어야 한다.

특히 공장 자동화가 보편화됨에 따라 무인 운반설비의 자동화 시스템 개발에 관한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 산업현장에서 인간의 편리함과 생산성 향상 그리고 원가절감을 위해 공장자동화가 활성화 되면서 여러 가지 무인 시스템이 구축되고 있다. 그리고 무인 시스템 중 가장 대표적인 것이 제품의 적체와 이동을 담당하는 크레인 장치이다. 무인크레인은 물체의 위치정보를 받아들이는 것으로부터 시작을 한다. 무인크레인에 대상물의 형상정보와 위치정보를 사람의 눈을 대신하여 입력하기 위해 여러 가지 장비들이 사용된다[1]. 대표적인 장비로 vision camera를 들 수 있다. vision camera는 입력받은 영상을 필요한 여러 가지 프로세싱을 통하여 원하는 정보를 얻어낸다. 그리고 두 대의 vision camera를 이용하는 Stereo vision방식이 일반적으로 사용된다[2]. Stereo vision system에서 얻어진 데이터들을 처리하여 원하는 정보를 찾아낸다. 그리고 실험에서는 산업현장에서 가장 많이 사용하는 형태인 Slab와 Coil을 이용하여 실험을 하였다.

Stereo vision system을 이용하여 두 대의 camera의 시각 방향을 직교식과 수평식으로 설치하여 3차원 위치정보를 획득하는 방식으로 물체의 에지를 추출하고 그 에지정보를 바탕으로 물체의 형태와 종류, 그리고 각 물체의 특징점을 추출한다[3]. 각 특징점을 통한 기하학적인 관계를 계산하여 무인크레인에 필요한 물체의 중심점 좌표를 찾아내는데 주된 목적을 두고 연구를 진행하였다[4]. Giga Ethernet방식을 이용하여 허브를 통해 동시에 여러 개의 카메라를 구동할 수 있게 하였다.

## II. 시스템 구성

본 연구에서의 시스템은 다음과 같은 구성을 가진다. 아래에서는 전반적인 Layout과 인식 물체, 장비 구성, 시현 공간에 대해서 설명한다.

### 2.1 Layout

“무인 운반하역설비의 자동화 시스템 개발”의 전반적인 Layout은 그림 1과 같다.

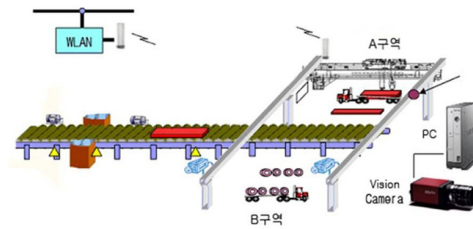


그림 1. 공장자동화 시스템  
Fig 1. Factory automation system

### 2.2 CCD camera의 구성 및 원리

본 논문에서 사용한 Stereo vision 장비는 CCD camera 2대, 넓은 화각을 가진 왜곡이 보정된 렌즈, Ethernet card, 허브, 전력 공급 장치, 전력 케이블, 데이터 케이블, 영상 장비 거치대로 구성되어진다. vision camera는 Toshiba Giant 시리즈 CSGX36BC3 CCD camera를 사용하여 작업 공간을 관측할 수 있다. 그림 2는 본 실험에 사용한 장비의 사진이다.



그림 2. 실험 장비  
Fig 2. Experiment equipment

### 2.3 인식 물체

CCD camera를 통하여 인식해야 하는 물체는 산업현장에서 가장 많이 사용되는 형태로 Slab와 Coil이다. 그림 3은 Slab와 Coil의 외형을 보여준다.

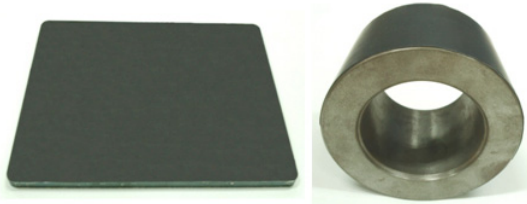


그림 3. Slab 와 Coil 의 외형  
Fig 3. Shape of Slab, Coil

### 2.4 Giga Ethernet

Ethernet이란 회선 상에서 데이터를 전송하는 여러 가지 방식들 중 현재 전 세계적으로 90% 이상 사용되는 대표적인 네트워크 형태로, 제록스(Xerox)의 연구원이었던 밥 메칼프(Bob Metcalfe)와 데이빗 벅스(David Boggs)에 의해 소개되었다. 데이터를 전송하기 위해 CSMA/CD라는 약속을 사용하며, 전송속도는 현재 10~1000Mbps까지 다양하다. 그 중 1000Mbps의 전송속도를 사용하는 방식이 Giga Ethernet방식이다.

본 논문에서는 Ethernet card(1000Mbps 랜카드)에 허브를 설치하고, 2대의 CCD camera를 연결하여 사용하는 Giga Ethernet방식을 선택 하였다. 그리고 Giga Ethernet 방식의 특성상 먼저 입력되는 신호를 최초화면으로 출력하기 때문에 camera 구동 시 camera 1과 camera 2의 구분을 위하여 제품의 고유한 번호인 MAC(Media Access Control)주소를 지정하여 각각의 camera번호를 지정하여 camera 1이 왼쪽화면에 camera 2가 오른쪽 화면에 출력되도록 해주었다.

### 2.5 시험 공간

그림 4는 Slab와 Coil을 놓고 실험을 할 공간이며 프로토타입으로 분리와 조립이 가능하여 이동이 용이하다.

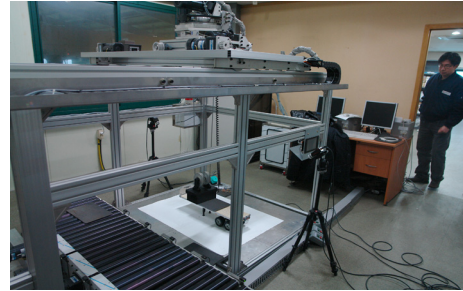


그림 4. 프로토타입의 시험공간  
Fig 4. Test field of Prototype

## III. Slab와 Coil의 3차원 위치좌표 추출방법

그림 5는 본 연구의 전체적인 흐름을 보여준다.

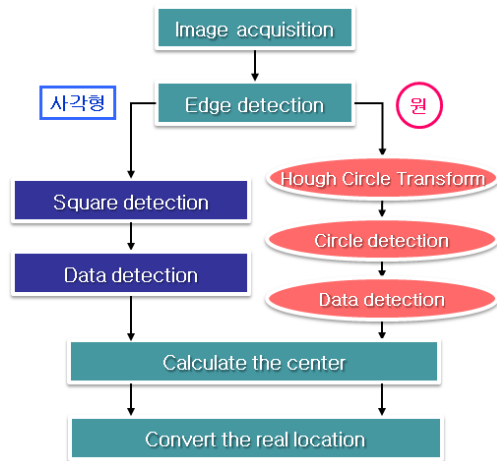


그림 5. 알고리즘 순서도  
Fig 5. Algorithm flowchart

### 3.1 Canny Edge Detection

Canny Edge Detection과 다른 Edge Detection의 차이점은 이미지에 대해 Gaussian smoothing을 먼저 실시하고, 1차 미분 마스크를 적용한다. 마스크는 Sobel, Prewitt, Roberts등이 대표적인 예이다. 본 논문에서는 Edge의 속성을 보다 잘 나타내어주는 Sobel 마스크를 사용하였다. 대부분의 Edge 검출 마스크는 잡음에 대하여 매우 민감한 특성을 가지고 있어서 작은 잡음도 Edge로 검출한다.

이 경우 본 논문에서 목적으로 하는 물체의 위치좌표 추출에 불필요한 정보가 검출되기 때문에 Canny 마스크를 사용하여 추출하고자 하는 영역을 검출하기 쉽게 하였다. 그림 6은 Canny 마스크의 동작 순서를 보여준다. Canny 마스크는 연산자들의 응용으로써 Gaussian smoothing처리 한 영상에 Sobel 마스크를 이용하여 Edge를 추출하는 방식으로 Sobel, Prewitt, Roberts 마스크에 비해서 세선화 되고 뚜렷한 부분의 Edge만 남기는 효과를 보인다. Gaussian smoothing은 잘못 검출되는 Edge의 수를 줄이면서 굵기는 더 굵게 만든다는 효과를 나타내어 Edge 추출 시 영상의 잡음을 줄이는 것이 주된 목적이다. 그리고 Sobel 마스크는 대표적인 1차 미분의 기울기 연산자로서, 영상의 Edge를 검출할 뿐만 아니라 영상을 부드럽게 하는 효과도 가지고 있다. 또한 대각선 Edge에 민감한 특징을 가진다.

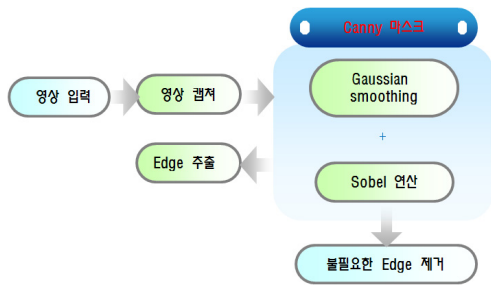


그림 6. Canny 마스크 검출과정  
Fig 6. Detection process of Canny mask

### 3.2 사각형 인식 알고리즘

아래에서는 사각형의 꼭짓점 검출, 순서결정, 중심점 추출에 대해서 설명한다.

#### 3.2.1 사각형의 꼭짓점 검출

본 논문에서 실험 대상으로 Slab와 Coil의 구분을 위해서 사각형 추출이 요구된다. 그리고 직교식과 수평식 방식에서 사각형을 인식하고 그 사각형의 정보인 4개의 꼭짓점 값과 사각형의 중심을 찾아내는 알고리즘은 가장 중요한 부분을 차지한다. 사각형을 검출하는 방법은 Canny 연산자를 통하여 세선화 된 Edge 영상에서 검출된 각 부분의 X방향 벡터와 Y방향 벡터를 구하고, 두 벡터가 만나는 점과 각 벡터방향의 2개의 점을 찾아서, 세

개의 점을 이용하여 각 점들 사이의 거리를 구한다. 코사인 제 2법칙을 이용하여 중심점의  $\cos \theta$  값을 구하고 그 값은  $0 \leq |\cos \theta| \leq 1$ 의 범위를 가진다. 이때  $\cos \theta = 0$ 이면 세 점이 이루는 각이  $90^\circ$ 이므로 완벽한 직사각형이 검출된 것이고,  $\cos \theta$  값이 1에 가까워질수록 많은 부분을 검출하게 된다. 그래서 알고리즘에  $\cos \theta$  값을 threshold 값으로 사용하여 불필요한 검출을 막을 수 있다. 본 논문에서는 threshold 값을 직교식은 0.2, 수평식은 0.4로 실험을 하였다.

Canny 마스크로 얻어진 Edge 영상에서 서로 인접하는 두 개의 벡터에 대한  $\cos \theta$  값이 사용자가 정한 threshold 값 이하의 값이 나오면 모서리로 인식한다. 사각형 추출 알고리즘을 실행 시키면 그림 7과 같이 Edge 영상에서 4개의 꼭짓점으로 인식하고 사용자가 이해하기 쉽도록 네 개의 좌표를 저장하고 그 점들을 선으로 연결하여 사각형을 나타내게 하였다.

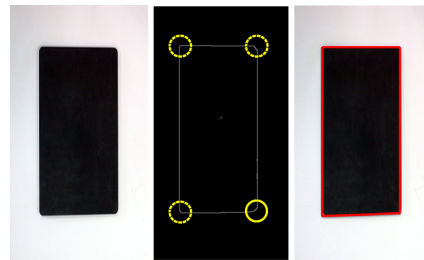


그림 7. 사각형 추출 결과  
Fig 7. Quadrangle extraction result

#### 3.2.2 사각형의 꼭짓점 순서결정

본 논문에서 사용한 사각형 추출 방식은 그림 8과 같이 왼쪽에서 오른쪽으로 위에서 아래쪽으로 순차적으로 검출하여 꼭짓점의 순서가 정해진다는 가정 하에 모든 알고리즘을 구성하였다. 사각형을 검출할 때 항상 왼쪽 상단의 꼭짓점이 A가 되고, 꼭짓점 A를 기준으로 시계방향으로 B, C, D가 순차적으로 지정되어야 한다.

순차적인 꼭짓점의 순서를 만들기 위해서 간단한 알고리즘을 적용하여 항상 본 논문의 알고리즘에 적합하게 만들어 주었다. 추출된 4개의 꼭짓점을  $(X1, Y1)$ ,  $(X2, Y2)$ ,  $(X3, Y3)$ ,  $(X4, Y4)$ 라 가정할 때, 각 꼭짓점의 X항과 Y항의 합이 최소인 점을 꼭짓점 A로 하고 최대인 점을 꼭짓점 C로 정한다. 그리고 나머지 2개의 꼭짓점의 Y값

을 비교하여 Y값이 작은 것이 B, 큰 것이 D, 만약 Y값이 같을 경우 X값이 큰 것이 B, 작은 것이 D가 되게 하여 항상 그림 8의 꼭짓점 순서가 유지되게 하였다.

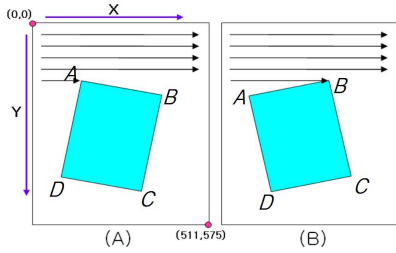


그림 8. 검출 방향에 따른 올바른 꼭짓점 순서  
Fig 8. Correct order of corners with respect to the detecting direction

### 3.2.3 사각형 중심점 추출

본 논문에서 목적이 무인자동화 설비의 크레인으로 전송하여야하는 물체의 중심점을 검출해 내는 것이다 [5]. 본 논문에서는 사각형의 4개의 꼭짓점을 알고 사각형이 그림 9와 같이 주어졌을 때 사각형을 2개의 삼각형으로 나누고, 나누어진 각각의 삼각형의 넓이와 무게중심을 수식 (1)과 수식 (2)를 이용하여 계산하고, 수식 (3)을 이용하여 계산되어진 두 개의 무게중심을 연결하여 각각의 무게중심에서 두 삼각형의 넓이에 반비례하게 그 선분을 등분한 점이 전체 사각형의 무게중심이 되는 방식을 사용하였다.

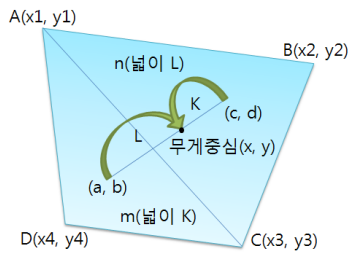


그림 9. 임의의 사각형  
Fig 9. Arbitrary Quadrilateral

즉 사각형을 두 개의 삼각형 m, n으로 나누고 각각의 무게중심과 넓이를 계산한다. 각 삼각형의 무게중심 m과 n을 연결하는 선분 mn을 L : K로 반비례하게 분할하는 지점이 사각형의 무게중심이 된다.

$$m \text{의 무게중심}(a,b) = \left( \frac{x_1 + x_3 + x_4}{3}, \frac{y_1 + y_3 + y_4}{3} \right) \quad (1)$$

$$n \text{의 무게중심}(c,d) = \left( \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3}, \frac{y_1 + y_2 + y_3}{3} \right)$$

$$m \text{의 넓이 } K = \frac{1}{2} |(x_1 y_3 + x_3 y_4 + x_4 y_1) - (y_1 x_3 + y_3 x_4 + y_4 x_1)| \quad (2)$$

$$n \text{의 넓이 } L = \frac{1}{2} |(x_1 y_2 + x_2 y_3 + x_3 y_1) - (y_1 x_2 + y_2 x_3 + y_3 x_1)|$$

$$(X, Y) = \left( \frac{aK + cL}{K + L}, \frac{bK + dL}{K + L} \right) \quad (3)$$

### 3.3 원 인식 알고리즘

본 논문에서는 Hough Circle Transform을 이용하여 원을 인식하였다. Hough Circle Transform 방식은 추출한 Edge 정보(픽셀의 위치)에서 수식 (4)를 적용하여 모든 Edge 선분의 점에서 반지름을 0에서부터 증가시켜 동심원을 그리고 그림 10의 중심점에서 중첩되게 되면 그 지점을 원의 중심으로 하고 원의 반지름을 저장한다. Hough Circle Transform 방식의 입력영상에서 아무런 전처리 없이 원을 찾으려면 많은 경우의 원들을 나타내게 된다. 그래서 본 논문에서는 입력영상에 Edge를 추출하고 Gaussian smoothing 처리로 잡음을 최소화 하여 가장 뚜렷한 원형을 찾게 하였다. Hough Circle Transform 방식에서 반지름의 크기를 알 때와 모를 때 2가지로 나누어, 확장형 검출 방식과 반지름 적용 검출 방식으로 구분된다.

본 논문에서는 실용적인 측면을 고려하여 확장형 검출 방식을 적용하여 실험하였다.

$$\begin{aligned} x &= a + R \cos \theta \\ y &= b + R \sin \theta \end{aligned} \quad (4)$$

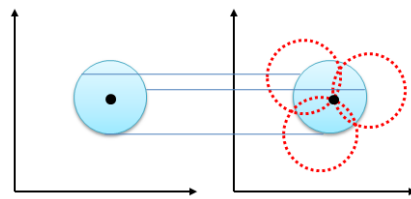


그림 10. Hough Circle Transform 적용방식  
Fig 10. Application of Hough Circle transform

확장형 검출 방식은 모든 Edge 성분에 관하여 반지름이 0부터 무한대까지 증가하면서 원을 그리고, 그 원들이 특정한 점에 일치하게 되면 그 점을 원의 중심으로 인식하고 그때의 중심좌표와 반지름의 길이를 찾아내어

원을 검출하게 되는 방식을 말한다. 이 방식은 원들이 일정부분 겹쳐있더라도 일부분만으로도 원을 복원 할 수 있는 장점이 있다. 그림 11은 반지름을 증가시키면서 중심을 찾는 과정을 보여주고 있는 것으로 원의 경우 중심점이 검출되는 것과 원이 아닌 경우 중심점이 검출되지 않는 이유를 보여주고 있다. 그림 12는 알고리즘을 적용하여 추출된 원을 보여준다. 본 논문에서는 반지름의 범위를 지정하여 적당한 범위 안에서 증가시켜 작은 잡음에 민감하지 않고, 실행 시간을 단축시켰다.

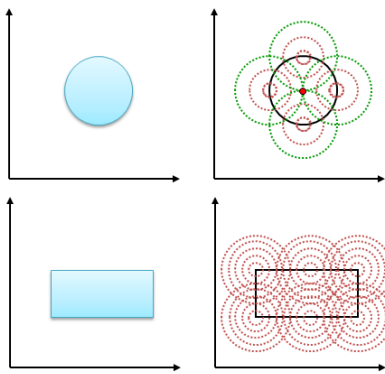


그림 11. Hough Circle Transform 확장형 방법  
Fig 11. Extended application of Hough Circle transform

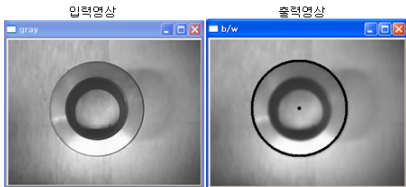


그림 12. 원 추출 결과  
Fig 12. Result of circle extraction

#### IV. 실험 및 결과

##### 4.1 직교 방식

###### 4.1.1 카메라 구성

직교식 camera의 구성도는 그림 13과 같이 camera 1을 물체가 놓인 수직방향에 설치하고, camera 2는 camera 1과 수직을 이루도록 설치를 한다. 알고리즘 실행 시

camera 1에서 두 개의 사각형을 검출하고, camera 2에서 한 개의 사각형과 한 개의 원을 검출하며, camera 1에서는  $x, y$  좌표값을 찾아내고, camera 2에서는 Slab와 Coil을 구분해내고  $z$  좌표값을 찾아낸다.

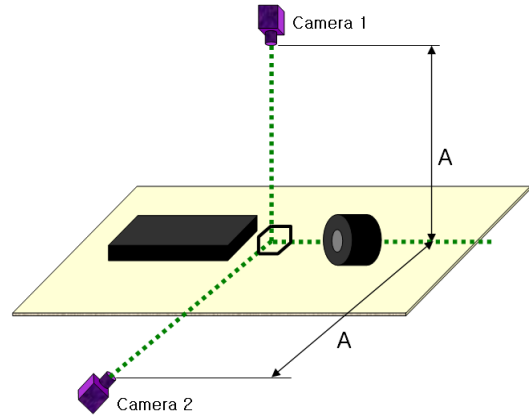


그림 13. 직교식 카메라 구성  
Fig 13. Composition of crossing camera

###### 4.1.2 중심좌표 추출

본 논문에서는 Slab와 Coil의 표면 즉 윗면의 사각형 부분의 중심좌표를 구하고 옆면의 정보를 추가하여 물체의 중심점( $x, y, z$ )값을 찾는다. camera 1에서 입력되는 영상에 사각형 추출 알고리즘을 적용하여 4개의 꼭짓점을 추출하고, 중심점 추출 알고리즘을 적용하여 각 물체의 표면상의 중심점을 구한다. 그리고 camera 2에서 입력되는 영상에서 원의 중심점 추출 알고리즘을 적용하여 원의 중심점과 지름을 추출하고 사각형 추출 알고리즘을 적용하여 사각형 정보를 추출한다. 그리고 camera 1과 camera 2에서 각 꼭짓점 간의 거리를 구한다. 그리고 camera 1에서 육면체의 BC값과 camera 2에서 육면체의 AB값을 비교하여 길이의 차가 기준치 이하로 나오면 육면체로 인식하고 camera 2의 BC값을  $z$ 값으로 한다. 그리고 camera 2에서 원의 지름과 camera 1에서 육면체  $B'C'$ 의 값을 비교하여 길이의 차가 기준치 이하로 나오면 원통으로 인식하고 camera 1에서 육면체  $B'C'/2$ 를  $z$ 값으로 한다. Slab와 Coil의  $z$ 값을 다르게 구하는 이유는 Slab는 전자석으로 물체의 표면에 닿게하여 들어 올리고, Coil은 Hook로 원통을 걸어서 들어올리기 때문이다.

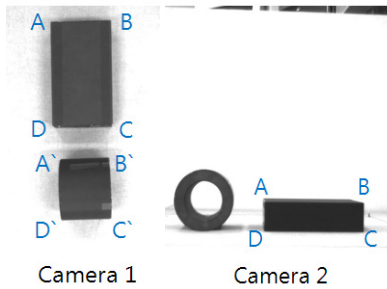


그림 14. 직교식 구성의 입력 영상  
Fig 14. Input image of crossing composition

4.1.3 실험 결과

직교식 스테레오 비전 방식으로 장비를 구성하고 각 알고리즘을 적용시켜 원하는 정보를 추출하고, 추출된 정보를 계산한 좌표값과 실제로 측정한 실측값을 비교 하였다. 그림 15는 실험한 화면으로 각 카메라에서 입력 되는 영상에서 원하는 형상을 인식하고 각각의 정보를 얻어내며 최종적으로 Slab와 Coil의 위치좌표를 검출해 내었다.

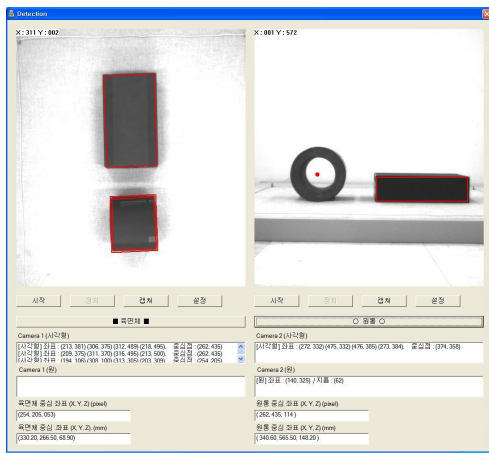


그림 15. 직교식 알고리즘 실행 결과  
Fig 15. Input image of crossing composition

표 1을 보면 오차를 가지는 것을 볼 수 있다. 이것은 픽셀상의 정수좌표를 실측좌표로 변환 시에 생기는 오차, 빛의 영향에서 오는 오차이다. 하지만 산업현장에서 사용하는 Hookblock, Slab, Coil의 크기를 고려하였을 때 무시하여도 된다고 여겨진다.

표 1. 계산값과 실측값 비교

Table 1. Comparison of calculating and survey data

	Value	X(mm)	Y(mm)	Z(mm)
Slab	계산값	330.2	256.5	68.9
	실측값	330.0	250.0	70.0
	오차	0.04(%)	1.44(%)	0.24(%)
Coil	계산값	340.6	555.5	148.2
	실측값	340.0	550.0	150.0
	오차	0.13(%)	1.22(%)	0.40(%)

4.2 수평 방식

4.2.1 카메라 구성

수평식 카메라의 구성도는 그림 16과 같이 camera 1 과 camera 2를 설치하고, 각각의 카메라의 중심점은 물체가 위치하는 면의 중심점과 일치하게 설치하여, 같은 넓이를 입력 받는다. 알고리즘 실행 시 camera 1과 camera 2 각각의 사각형 추출 알고리즘을 적용하여 각각의 카메라에서 두 개의 사각형을 검출한다. 그리고 추출된 사각형의 꼭짓점의 좌표를 알아내고 찾아진 꼭짓점을 이용하여 중심점을 찾아내고, 꼭짓점 정보를 분석하여 Slab와 Coil을 구분한다. 그리고 각각의 카메라에서 추출된 정보를 비교 계산하여 Slab와 Coil의 (x, y, z)좌표를 검출한다.

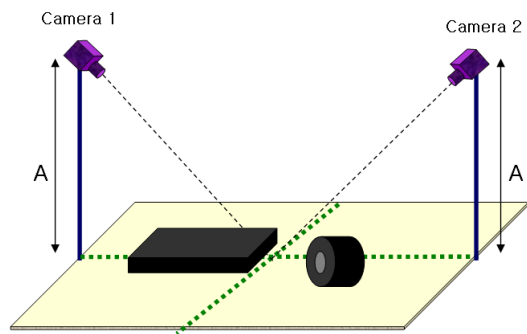


그림 16. 수평식 카메라 구성  
Fig 16. Composition of Horizontality camera

4.2.2 중심좌표 추출

수평식 알고리즘을 실행하면 그림 17과 같이 원근법에 의해 직사각형 형태와 사다리꼴 형태의 에지영상이 추출된다. 이러한 각 물체에 따른 에지의 형태 차이들이

용하여 Slab와 Coil을 구분하였다. 그림 17처럼 Coil의 경우 원근의 영향을 받지 않아 직사각형이 검출되고 Slab의 경우 원근의 영향으로 인해 사다리꼴 형태로 검출이 되는 것을 볼 수 있다. 여기서 추출된 두 개의 사각형에서 각 사각형의 AB길이와 CD길이를 두 점간의 거리를 구하는 공식으로 구해낸다. 그리고 AB길이와 CD길이의 차가 기준치 이하이면 Coil로 인식하고 기준치보다 크면 Slab로 인식하여 각 사각형의 중심점을 계산한다. 그리고 camera 1과 camera 2에서 얻어진 각각의 중심점을 평균하여 각 물체의 (x, y, z)좌표를 추출하며 Coil은 BC/2를 z값으로 한다. 수평식은 카메라의 위치적 특성 때문에 한 픽셀의 크기가 카메라 설치 지점으로부터 멀어질수록 픽셀의 크기가 선형적으로 변화한다. 그래서 실측자료를 측정하여 픽셀의 위치에 따른 실측 중심값을 추출하였다.

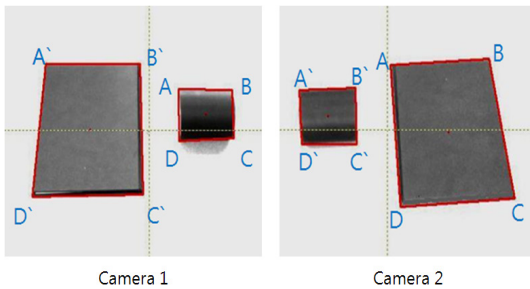


그림 17. 수평식 구성에서의 입력영상  
Fig 17. Input image of Horizontality Composition

#### 4.2.3 실험 결과

수평식 Stereo vision 방식으로 장비를 구성하고 각 알고리즘을 적용시켜 원하는 정보를 추출하고, 추출된 정보를 계산한 좌표값과 실제로 측정한 실측값을 비교하였다. 그림 18은 실험한 화면으로 각 카메라에서 입력되는 영상에서 원하는 형상을 인식하고 각각의 정보를 얻어내며 최종적으로 Slab와 Coil의 위치좌표를 검출해 내었다.

표 2를 보면 계산값과 실측값이 오차를 가지는 것을 볼 수 있다. 이것 또한 직교식에서의 오차 원인들과 같으며 무시하여도 된다고 여겨진다.

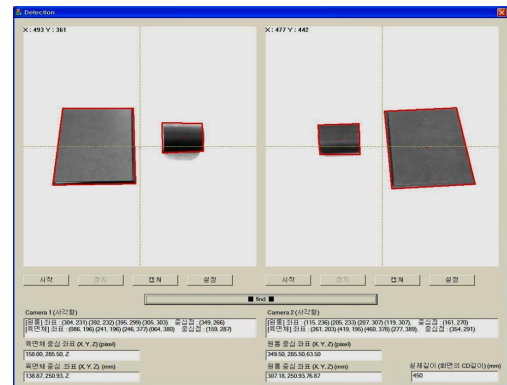


그림 18. 수평식 알고리즘 실행 화면  
Fig 18. Execution result of Horizontality Algorithm

표 2. 계산값과 실측값 비교

Table 2. Comparison of calculating and survey data

	Value	X(mm)	Y(mm)	Z(mm)
Slab	계산값	136.9	250.8	-
	실측값	140.0	250.0	-
	오차	0.68(%)	0.17(%)	-
Coil	계산값	307.2	251.3	76.9
	실측값	310.0	250.0	80.0
	오차	0.62(%)	0.28(%)	0.68(%)

## V. 결론 및 향후계획

본 논문은 “무인 운반하역설비의 자동화 시스템 개발”의 한 부분으로써 CCD camera를 통해 작업공간상에 놓여져 있는 Slab와 Coil의 3차원 위치좌표를 추출하였다. 직교식 Stereo vision 방식에서는 camera 1은 두 개의 사각형 정보와 2차원 즉 x, y 좌표를 추출하였고, camera 2는 하나의 원과 하나의 사각형 정보 그리고 z 좌표를 추출하여 최종적인 Slab와 Coil의 3차원 위치좌표를 구하였다. 수평식 Stereo vision 방식에서는 거리에 따른 픽셀의 크기가 다르게 적용되므로 간단한 비례식을 통하여 보안을 하고 최종적으로 Slab와 Coil의 3차원 위치좌표를 구하였다. 향후에는 camera 사이의 끼인각을 줄여 최종적으로는 인간의 시각방향에 근접하도록 Stereo vision system을 구현할 계획이며 그 결과 무인 운반설비의 자동화 시스템 개발에 상당한 도움이 될 것이



고 더 나아가 로봇 시각 발전에도 큰 도움이 될 것으로 생각한다[6].

**감사의 글**

이 논문은 2009년도 창원대학교 교내 연구비 지원에 의해 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

**참고문헌**

- [1] 김기범, “스테레오 비전을 이용한 3차원 물체 측정에 관한 연구”, 서울산업대학교, 2002.
- [2] Tea-Sik Kim, Yong-Ho Kim, “Recognition of 3-D Object Used by Stereo Vision System”, The collection of Chinju Tech.Col.j. Vol.19, pp.945-968, 1996.
- [3] 윤희주, “이동물체 추적을 위한 스테레오 비전 정합 기법”, 부산대학교 대학원 석사학위 논문, 2006.
- [4] Jae Sang Yoon, Choi Kyung Jin, “Relative Position Estimation Using Stereo Vision Sensor”, The Journal of KyungHee-Davan ASIC Design Education Center, Vol.3, 2002.
- [5] Jung-Hwan Ko and Sung-Il Kim, “Autonomous Mobile Robot System Using Adaptive Spatial Coordinates Detection Scheme based on Stereo Camera”, 한국통신학회논문지 Vol.31 No.1C, pp.26-35, 2006.
- [6] Juck Sik Lee, “Depth Extraction of Convergent-Looking Stereo Image Based on the Human Visual System”, 한국통신학회논문지, 02.2, Vol.27, No.4

**저자소개**



**김무현(Moo-hyun Kim)**

2009.8 창원대학교 전자공학과 공학사  
2009.8~현재 창원대학교 전자공학과 석사과정

※ 관심분야: 영상 신호처리



**이지현(Ji-huyn Lee)**

2008.2 창원대학교 전자공학과 공학사  
2009.2~현재 창원대학교 전자공학과 석사과정

※ 관심분야: 영상 신호처리

**이승규(Seung-kyu Lee)**

2006.2 창원대학교 전자공학과 공학사  
2009.2 창원대학교 전자공학과 공학석사  
※ 관심분야: 영상 신호처리

**김영희(Young-hee Kim)**

1989.2 경북대학교 전자공학과 공학사  
1997.2 포항공대 전자전기공학과 공학석사  
2000.8 포항공대 전자전기공학과 공학박사  
1989.1~2001.2 현대전자 메모리연구소 책임연구원  
2001.3~현재 창원대학교 전자공학과 교수  
※ 관심분야: 저전압/저전력/고속 메모리 설계, LCD 구동 칩 설계, CMOS 이미지 센서 설계, RFID 태그 칩 설계

**박무훈(Mu-hun Park)**

1990.2 경북대학교 전자공학과 공학사  
1993.3 東北대학교 전기통신공학과 공학석사  
1996.3 東北대학교 전기통신공학과 공학박사  
1998.8~현재 창원대학교 전자공학과 교수  
※ 관심분야: 영상 신호처리, 초음파 신호처리, 가상 현실, 워터마킹, Laser Sensor, CCD camera