
CCD-Camera를 이용한 목적대상의 3차원 위치좌표 추출

김무현* · 이지현* · 김영희* · 박무훈*

*국립창원대학교

Extraction of Object 3-Dimension Position Coordinates using CCD-Camera

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

*Changwon National University

E-mail : artpack@nate.com

요 약

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 연구에서는 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 연구에서 제안한 알고리즘은 무인 운반설비의 자동화 시스템 개발에 도움이 될 것으로 기대된다.

ABSTRACT

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 arm, 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

3-Dimension Location Coordinate, Unmanned Transportation, Stereo Camera, Factory Automation

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 적체와 이동을 담당하는 크레인 장치이다. 무인크레인에 대상물의 형상 정보와 위치 정보를 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.

본 연구에서는 두 대의 camera의 시각 방향을 직교식과 수평식으로 설치하여 3차원 위치정보를 획득하는 방식으로 물체의 에지를 추출하고 그 정보를 바탕으로 물체의 형태와 종류, 각 물체의 특징점을 추출한다[3]. 각각의 특징점을 통한 기하학적인 관계를 계산하여 무인크레인에 필요한 물체의 중심점 좌표를 찾아내는데 주된 목적을 두고 연구를 진행하였다[4].

II. 시스템 구성

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

2.1 Layout

무인 운반하역설비의 자동화 시스템 개발의 전반적인 Layout은 그림 1과 같다.

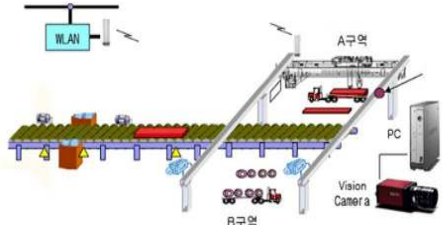


그림 1. 공장자동화 시스템
Fig 1. Factory automation system

2.2 실험 장비의 구성과 인식물체

본 연구에서 사용한 스테레오 비전 장비는 CCD camera 2대, 넓은 화각을 가진 렌즈, Ethernet card, 허브, 전력 공급 장치, 전력 케이블, 영상장비 거치대로 구성되어진다. 그림 2는 본 연구에 사용한 장비의 사진이다.



그림 2. 실험 장비
Fig 2. Experiment equipment

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

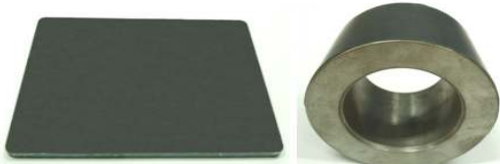


그림 3. Slab 와 Coil 의 외형
Fig 3. Shape of Slab, Coil

III. 3차원 위치좌표 추출방법

본 연구에서는 획득한 두 개의 영상에서 원

사각형 검출 알고리즘을 수행함으로써 각각의 검출 값을 비교, 계산하여 3차원 위치정보를 찾아낸다. 그림 4는 본 연구의 전체적인 흐름을 보여준다.

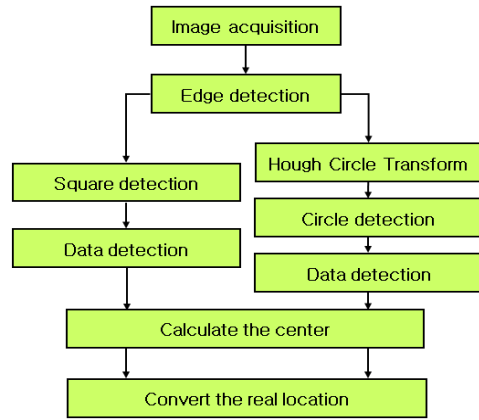


그림 4. 알고리즘 순서도
Fig 4. Algorithm flowchart

3.1 사각형 인식 알고리즘

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

3.1.1 사각형의 꼭짓점 검출

Canny 연산자를 통하여 세선화 된 에지 영상에서 검출된 각 부분의 좌표를 구하고 각각의 좌표들을 선으로 연결한다. 두 개의 인접하는 선분에 대한 $\cos \theta$ 값이 사용자가 정한 threshold 값 이하의 값이 나오면 모서리로 인식한다. 그림 5와 같이 Edge 영상에서 4개의 꼭짓점으로 인식하고 사용자가 이해하기 쉽도록 네 개의 좌표를 저장하고 그 점들을 선으로 연결하여 사각형을 나타내게 하였다.

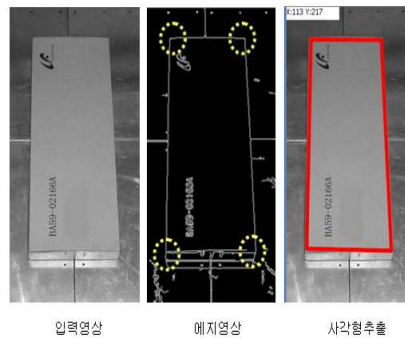


그림 5. 사각형 추출 결과
Fig 5. Quadrangular extraction result

3.1.2 사각형의 꼭짓점 순서결정

본 연구에서 사용한 사각형 추출 방식은 그림 6과 같이 왼쪽에서 오른쪽으로 위에서 아래쪽으로 순차적으로 검출을 한다.

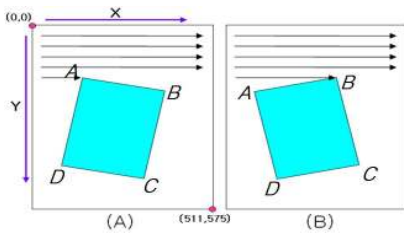


그림 6. 검출 방향에 따른 올바른 꼭짓점 순서
Fig 6. Correct order of corners with respect to the detecting direction

검출된 4개의 꼭짓점을 $(X1,Y1)$, $(X2,Y2)$, $(X3,Y3)$, $(X4,Y4)$ 라 가정을 할때, X좌표와 Y좌표의 합이 최소인 꼭짓점을 A로하고 최대인 점을 꼭짓점 C로 정한다. 그리고 나머지 두개의 꼭짓점의 Y값을 비교하여 Y값이 작은 것이 B, 큰것이 D, 만약 Y값이 같을 경우 X값이 큰 것이 B, 작은 것이 D가 되게한다.

3.1.3 사각형 중심점 추출

본 연구에서 목적으로 하는 것이 무인자동화설비의 크레인으로 전송하여야하는 물체의 중심점을 검출해 내는 것이다[5]. 실험한 물체인 Slab와 Coil은 모두 사각형 성분이 존재하고 그 사각형 성분을 이용하여 각 물체의 중심점을 찾아내어야 한다. 사각형의 4개의 꼭짓점을 알고 사각형이 그림 7과 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 반비례되게 그 선분을 등분한 점이 전체 사각형의 무게중심이 되는 방식을 사용하였다.

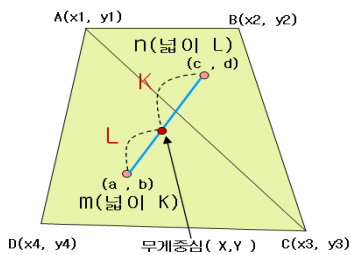


그림 7. 임의의 사각형
Fig 7. Arbitrary Quadrilateral

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.

$$m \text{의 넓이 } K = \frac{1}{2} |(x_1y_3 + x_3y_4 + x_4y_1) - (y_1x_3 + y_3x_4 + y_4x_1)| \quad (1)$$

$$n \text{의 넓이 } L = \frac{1}{2} |(x_1y_2 + x_2y_3 + x_3y_1) - (y_1x_2 + y_2x_3 + y_3x_1)|$$

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

$$n \text{의 무게중심 } (c, d) = \left(\frac{x_1 + x_2 + x_3}{3}, \frac{y_1 + y_2 + y_3}{3} \right) \quad (2)$$

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

3.2 원 인식 알고리즘

본 연구에서는 Hough Circle Transform을 이용하여 원을 인식하였다. 추출한 에지 정보에서 폐곡선으로 인정되는 부분을 인식하고 원형도를 조사하여 반지름(R)을 찾아낸다. 인식된 에지의 점들을 기준으로 일정한 반지름을 가진 원을 그린다. 그림 8과 같이 각 점들을 기준으로 그려진 원들이 한 점에서 겹쳐지게 되면 원으로 인식을 하고 원을 표현하게 된다. 즉 반지름 R을 알고 있을 때, 임의의 점(a, b)로부터 식 (4)와 같은 방법으로 원을 그려 만나는 지점을 중심점(x, y)로 인식하고 반지름 R을 가지는 원을 그린다. 이 방식은 원들이 일정부분 겹쳐있더라도 일부분만으로도 원을 복원 할 수 있는 장점이 있다.

입력영상에서 아무런 전처리 없이 원을 찾으면 많은 경우의 원들을 찾게 된다. 그래서 입력영상에 Gaussian smoothing 처리로 잡음을 최소화 하여 가장 뚜렷한 원형을 찾게 하였다.

$$\begin{aligned} x &= a + R \cos \theta \\ y &= b + R \sin \theta \end{aligned} \quad (5)$$

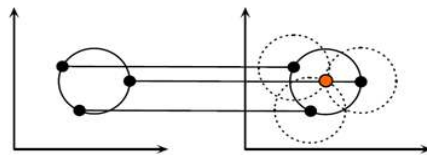


그림 8. Hough Circle Transform 적용방식
Fig 8. Application of Hough Circle transform

IV. 실험 및 결과

4.1 직교 방식

4.1.1 카메라 구성

직교식 camera의 구성도는 그림 9와 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, y좌표값을 찾아내고, camera 2에서는 Slab와 Coil을 구분해내고 z 좌표값을 찾아낸다.

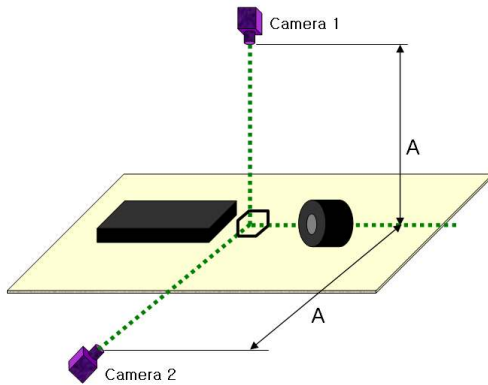


그림 9. 직교식 카메라 구성
Fig 9. Composition of crossing camera

4.1.2 중심좌표 추출

본 연구에서는 Slab와 Coil의 표면 즉 camera 1에서 사각형 부분의 중심좌표를 구하고 인식물체의 옆면 즉 camera 2에서 z값을 찾아 3차원 위치좌표를 추출한다.

camera 1에서 입력되는 영상에 사각형 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. 각각의 꼭짓점 사이의 거리를 비교하여 육면체와 원을 구분하고 3차원 위치좌표를 구한다.

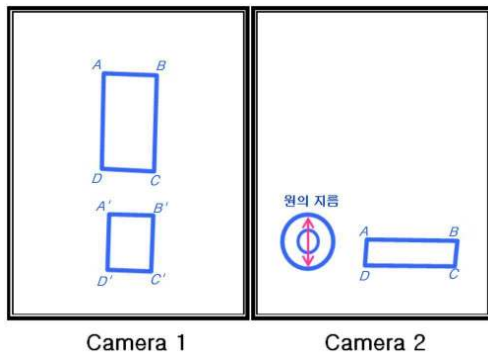


그림 10. 직교식 구성의 입력 영상
Fig 10. Input image of crossing composition

4.1.3 실험 결과

직교식 스테레오 비전 방식으로 장비를 구성하고 각 알고리즘을 적용시켜 원하는 정보를 추출하고, 추출된 정보를 계산한 좌표값과 실제로 측정한 실측값을 비교하였다. 그림 11은 실험한 화면으로 각 카메라에서 입력되는 영상에서 원하는 형상을 인식하고 각각의 정보를 얻어내며 최종적으로 Slab와 Coil의 위치좌표를 검출 해 내었다.

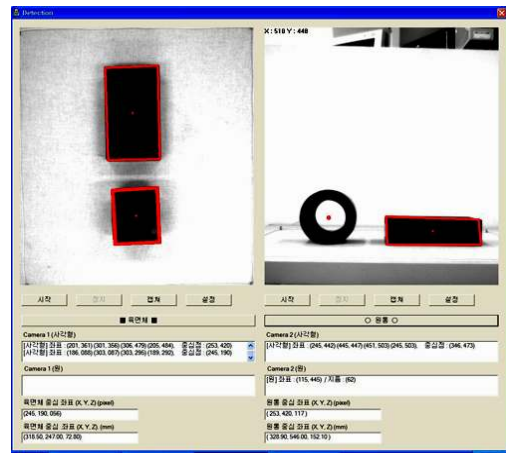


그림 11. 직교식 알고리즘 실행 결과
Fig 11. Input image of crossing composition

표 1을 보면 계산값과 실측값이 약간의 오차를 가지는 것을 볼 수 있다. 이것은 픽셀상의 정수좌표를 실측좌표로 변환 시에 생기는 오차, 빛의 영향에서 오는 오차이다. 하지만 실제 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	317.3	246.3	70.9
	실측값	320.0	245.0	70.0
	오차	0.60(%)	0.28(%)	0.20(%)
Coil	계산값	326.3	541.8	149.6
	실측값	325.0	540.0	150.0
	오차	0.33(%)	0.40(%)	0.08(%)

4.2 수평 방식

4.2.1 카메라 구성

수평식 카메라의 구성도는 그림 12과 같이 camera 1과 camera 2를 설치하고, 각각의 카메라의 중심점은 물체가 위치하는 면의 중심점과 일치하게 설치하여, 같은 넓이를 입력 받는다. 알고리즘 실행 시 camera 1과 camera 2가 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 3차원 위치좌표를 검출한다.

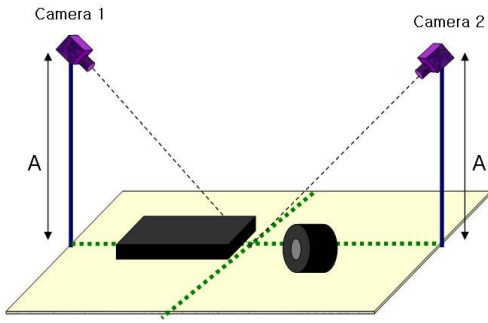


그림 12. 수평식 카메라 구성
Fig 12. Composition of Horizontality camera

4.2.2 중심좌표 추출

수평식 알고리즘을 실행하면 그림 13과 같이 원근법에 의해 직사각형 형태와 사다리꼴 형태의 에지영상이 추출된다. 이러한 각 물체에 따른 에지의 형태 차이를 이용하여 Slab와 Coil을 구분하였다. 그림 13에서처럼 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 길이정보를 비교하여 Slab와 Coil을 구분하고 3차원 위치좌표를 추출한다.

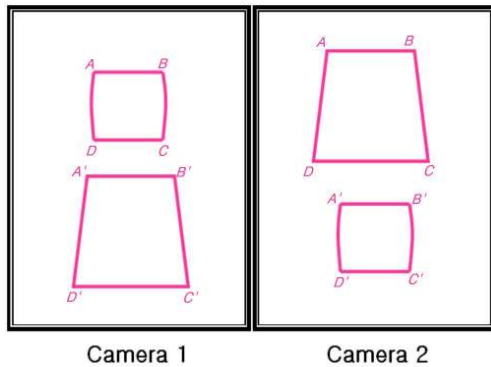


그림 13. 수평식 구성에서의 입력영상
Fig 13. Input image of Horizontality Composition

4.2.3 실험 결과

수평식 스테레오 비전 방식으로 장비를 구성하고 각 알고리즘을 적용시켜 원하는 정보를 추출하고, 추출된 정보를 계산한 좌표값과 실제로 측정한 실측값을 비교하였다. 그림 14는 실험한 화면으로 각 카메라에서 입력되는 영상에서 원하는 형상을 인식하고 각각의 정보를 얻어내며 최종적으로 Slab와 Coil의 위치좌표를 검출 해 내었다.

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

표 2. 계산값과 실측값 비교

Table 2. Comparison of calculating and survey data

	Value	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
Slab	계산값	138.8	250.9	-
	실측값	140.0	250.0	-
	오차	0.26(%)	0.20(%)	-
Coil	계산값	307.1	251.0	76.8
	실측값	310.0	250.0	80.0
	오차	0.64(%)	0.22(%)	0.71(%)

V. 결론 및 향후계획

본 연구는 무인 운반하역설비의 자동화 시스템 개발의 한 부분으로써 CCD camera를 통해 작업 공간상에 놓여져 있는 Slab와 Coil의 3차원 위치좌표를 추출하였다. 직교식 Stereo Vision System에서는 camera 1은 두 개의 사각형 정보와 2차원 좌표를 추출하였고, camera 2는 하나의 원과 하나의 사각형 정보 그리고 z 좌표를 추출하여 최종적인 Slab와 Coil의 3차원 위치좌표를 구하였다. 수평식은 Stereo Vision System에서는 거리에 따른 픽셀의 크기가 다르게 적용되므로 비례식을 통하여 보안을 하고 최종적으로 Slab와 Coil의 3차원 위치좌표를 구하였다. 향후에는 인간의 시각 방향에 근접하도록 Stereo Vision System을 구현할 계획이며 그 결과 무인 운반하역설비의 자동화 시스템 개발에 상당한 도움이 될 것이고 더 나아가 로봇의 시각 system에도 큰 도움이 될 것으로 생각한다[5].

참고문헌

- [1] 김기범, "스테레오 비전을 이용한 3차원 물체 측정에 관한 연구", 서울산업대학교, 2002
- [2] Tea-Sik Kim, Young-Ho Kim, "Recognition of 3-D Object Used by Stereo Vision System", The collection of Chinju Tech.Col.j. Vol19,p945-968,1996.
- [3] 윤희주, "이동물체 추적을 위한 스테레오 비전 정합기법", 부산대학교 대학원 석사학위논문, 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] Juck Sik Lee, "Depth Extraction of Convergent-Looking Stereo Image Based on the Human Visual System", 한국통신학회논문지, 02.2, Vol.27, No.4