

직교식 스테레오 비전을 이용한 물체의 중심점 추출 알고리즘 개발에 관한 연구

이승규* · 광성환* · 이승재** · 김영식** · 최중경* · 박무훈*

* 창원대학교, ** 평화기전(주)

A Study on the Development of an Center Point Extraction Algorithm of Object Using a Orthogonal Stereo Vision System

Seung-kyu Lee* · Sung-hwan Kwak* · Seung-jae Lee** · Young-sik Kim** · Joong-koung Choi* ·
Mu-hun Park*

*Changwon National University · **Pyung Hwa System & Engineering Co.,Ltd

E-mail : softlove79@naver.com

요 약

최근 공장 자동화가 보편화됨에 따라 무인 운반설비의 자동화 시스템 개발의 한 부분으로써 Stereo Vision 장치를 이용하여 입력된 영상의 에지(Edge)를 추출하고, 추출된 에지를 이용하여 물체의 위치적 특징을 찾고 무인크레인이 이동해야할 위치좌표를 전달한다.

본 연구에서는 실제 산업현장에 가장 보편적인 형상인 판재와 원통을 기준으로 CCD 카메라 2대를 이용하여 물체의 형상을 인식하고, 그 물체의 중심점을 찾는 알고리즘을 제안하였다. 우선 에지를 추출하고 사용자의 선택에 따라 추출된 에지의 특징을 판별하여 판재와 원통을 구분하여 원하는 물체의 위치정보를 찾아낸다. 본 연구는 무인 운반설비의 자동화 시스템 개발에 도움이 될 것으로 기대된다.

키워드

CCD 카메라, stereo vision, 형상인식, 중심점 추출, 무인 운반설비, 공장자동화

1. 서 론

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 적재와 이동을 담당하는 크레인 장치이다. 무인크레인은 물체의 위치정보를 받아드리는 것으로 부터 시작을 한다. 무인크레인에 대상물의 형상 정보와 위치 정보를 사람의 눈을 대신하여 입력하기 위해 여러 가지 장비들이 사용된다[1]. 대표적인 장비로 비전카메라와 레이저 센서를 들 수 있다. 비전카메라는 입력받은 영상에서 필요한 여러 가지 프로세싱을 통하여 원하는 정보를 얻어낸다. 그리고 두 대의 비전카메라를 이용하는 Stereo Vision 방식이 일반적으로 사용된다. Stereo Vision System을 이용하여 얻어진 데이터들을 처리하여 원하는 정보를 찾아낸다. 그리고 레이저 센서는 센서로부터 얻어진 거리를 추출하여 프로세

싱 함으로써 원하는 정보를 얻는 방식이 일반적이다.

본 연구는 물체의 위치정보를 찾아내기 위한 Vision System 부분을 중심으로 연구하였다. 특히 산업현장에서 가장 많이 볼 수 있는 형태인 coil(원통)형태와 slat(육면체)형태를 기준으로 실험을 하였다. 직교식 Stereo Vision System (CCD 카메라 2대)을 이용하여 두 카메라의 시각 방향을 직교식으로 설치하여 3차원 정보를 획득하는 방식으로, 물체의 에지를 추출하고 그 에지정보를 바탕으로 물체의 종류와 형태, 그리고 각 물체의 특징점(feature point)을 추출한다[2]. 각 특징점을 통한 기하학적인 관계를 계산하여 무인크레인에 필요한 물체의 중심점 좌표를 찾아내는데 목적을 두고 연구를 진행하였다. 그리고 기존의 영상처리보드 방식이 아닌 Giga Ethernet 방식을 사용하여 동시에 여러 개의 카메라를 구동할 수 있게 알고리즘을 구현하였다.

II. 본 론

1. Giga Ethernet

이더넷(Ethernet)이란 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 보그스(David Boggs)에 의해 소개되었다. 데이터를 전송하기 위해 CSMA/CD라는 약속을 사용하며, 전송속도는 현재 10~1000Mbps 까지 다양하게 존재한다. 이중 1000Mbps의 전송속도를 사용하는 방식이 Giga Ethernet 방식이다.

본 연구에서는 기존의 영상입력 방식인 영상처리 보드를 사용하지 않고, 이더넷 카드(1000Mbps 랜카드)에 허브를 설치하고, 2대의 CCD 카메라를 연결하여 사용하는 Giga Ethernet 방식을 선택 하였다. 그리고 Giga Ethernet 방식의 특성상 먼저 입력되는 신호를 최우선으로 출력하기 때문에 카메라 구동시 카메라 1과 카메라 2의 구분을 위하여 제품의 고유한 번호인 MAC 주소를 지정하여 각각의 카메라 번호를 지정해주었다.

2. 실행 순서

본 연구는 획득한 두 개의 영상에서 사각형 검출 알고리즘을 수행하고, 원 검출 알고리즘을 수행하여 각각의 검출값을 비교, 계산하여 원하는 정보를 찾아낸다.

개발한 알고리즘의 실행 순서를 간단히 설명하면 그림 1과 같다.

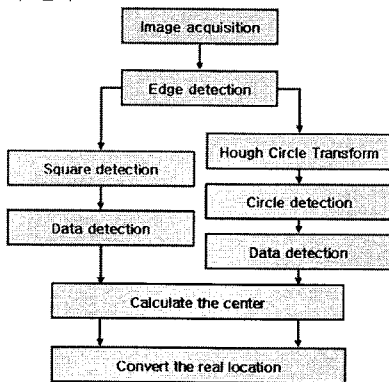


그림 1. 알고리즘 순서도
Fig 1. Algorithm flowchart

3. Canny edge detection

대부분의 에지 검출 마스크는 잡음에 대하여 매우 민감한 특성을 가지고 있어서 작은 잡음도 에지로 검출한다. 이런 경우 본 논문에서 목적으로 하는 물체 이외의 정보가 추출되기 때문에 Canny 마스크를 사용하여 추출하고자 하는 영역을 검출하기 쉽게 하였다. Canny 마스크는 다른 마스크 연산자들의 응용으로서 Gaussian smoothing한 영상에 Sobel 마스크를 이용하여 에지를 추출하는 방식으로 그림 2와 같이 뚜렷한 부분의 에지만 남기는 효과를 보인다.

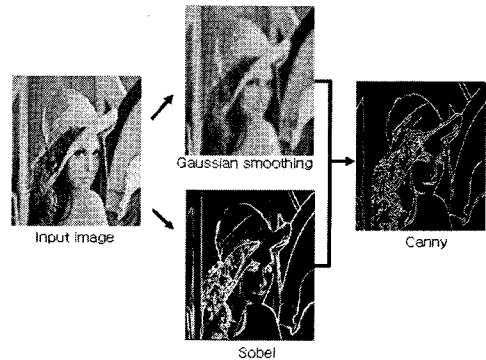


그림 2. Canny 마스크 검출 방식
Fig 2. Canny mask detection methods

4. 사각형(square) 인식

Canny 마스크로 얻어진 에지 영상에서 서로 인접하는 두 개의 벡터에 대한 cos값이 $0(\cos 90^\circ = 0)$ 에 가까우면 모서리로 인식을 한다.

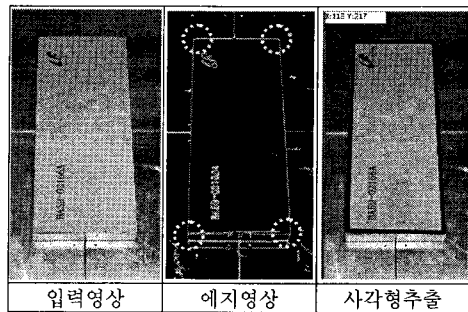


그림 3. 사각형 추출 결과
Fig 3. Quadrangular extraction result

본 연구에서는 산업현장에서 주로 보이는 물체를 기준으로 샘플을 정하고 실험하였고, 서로 만나는 두 개의 벡터가 cos값을 0.1이하로 가지면 모서리로 인

식을 하고 좌표를 저장한다. 그리고 4개의 모서리가 존재하게 되면 그 점들은 사각형의 4개의 꼭짓점으로 인식하고 각각의 좌표를 저장하고 그 점들을 선으로 연결하여 그림 3과 같이 나타낸다.

5. 원(circle) 인식

Hough Circle Transform을 이용하여 원을 인식하였다. 추출한 에지 정보에서 폐곡선으로 인정되는 부분을 인식하고 원형도를 조사하여 반지름(R)을 찾아낸다. 그리고 인식된 에지의 점들을 기준으로 일정한 반지름을 가진 원을 그린다. 그리고 그림 4와 같이 각 점들을 기준으로 그려진 원들이 한 점에서 겹쳐지게 되면 원으로 인식을 하고 원을 표현하게 된다. 즉 반지름 R을 알고 있을 때, 임의의 점 임의의 점 (a, b)로부터 식 1과 같은 방식으로 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. 그림 5는 추출된 원을 보여준다.

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

$$\begin{aligned} x &= a + R\cos(\theta) \\ y &= b + R\sin(\theta) \end{aligned} \quad (1)$$

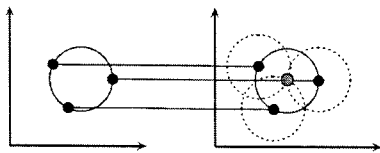


그림 4. Hough Circle Transform 방법
Fig 4. Hough Circle Transform method

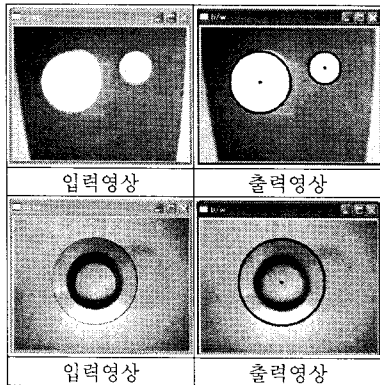


그림 5. 원 추출 결과
Fig 5. Circle extraction result

6. camera position & 출력 화면구성

본 연구는 무인 크레인이 이동해서 물체를 이동시키기 위한 물체의 중심점(X, Y, Z)좌표를 찾는 데 중점을 두고 있다. 그래서 카메라의 위치를 그림 6과 같이 하였다.

카메라 1(물체의 위쪽)과 카메라 2(물체의 옆)의 화면의 중심은 일치하고 서로 직교한다. 그리고 각각의 카메라는 중심에서부터 같은 거리(A)에 설치한다. 이렇게 설치가 되면 카메라 1에서는 원통과 육면체의 윗면을 촬영하게 되므로 크기가 다른 2개의 직사각형을 인식하게 된다. 그리고 카메라 2에서는 하나의 직사각형과 원이 인식된다.

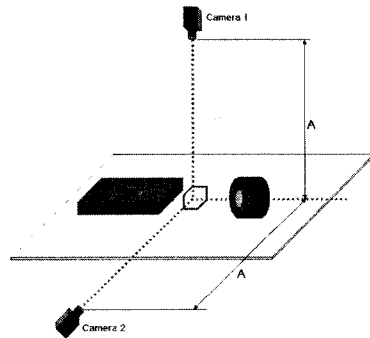


그림 6. CCD 카메라 위치
Fig 6. CCD camera position

프로그램 실행 화면은 그림 7과 같이 왼쪽 화면에 카메라 1의 영상이, 오른쪽 화면에 카메라 2의 영상이 나타나게 구성되어있고, 아래쪽에는 각 물체의 중심점 계산에 필요한 물체의 데이터가 출력된다.

본 연구에서는 출력 영상의 크기를 512×576(pixel)로 설정하여 실험하였다. 그리고 화면의 좌측상단을 기준(0, 0)으로 하여 각 물체의 중심 위치를 나타내었다. 실행방법은 영상이 출력되던 중 사용자가 원하는 시점에 화면은 정지하게 하여 그 정지된 화면에 대해서 구현된 알고리즘을 적용하여 원하는 값들을 찾는다.

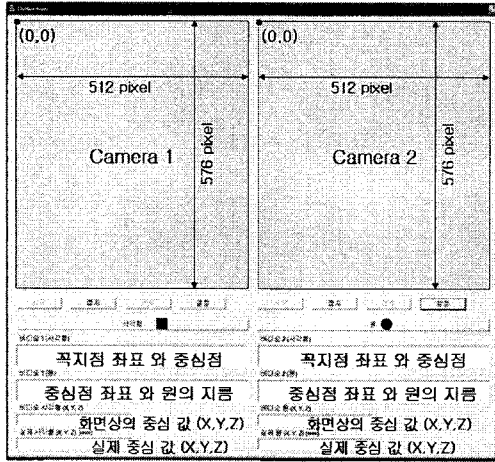


그림 7. 화면 구성도
Fig 7. Screen block diagram

7. 사각형의 꼭짓점 순서

사각형을 찾기 위해 우선 4개의 꼭짓점 A, B, C, D를 찾아야한다. 본 연구에서는 왼쪽에서 오른쪽으로 위에서 아래로 마스크를 이동하면서 첫 번째 꼭짓점을 찾아서 처음 인식되는 pixel을 A를 기준으로 하여 시계방향으로 사각형의 꼭짓점을 찾아가기 때문에 물체의 위치에 따라 4개의 꼭짓점 A, B, C, D가 그림 8과 같이 다르게 검출된다.

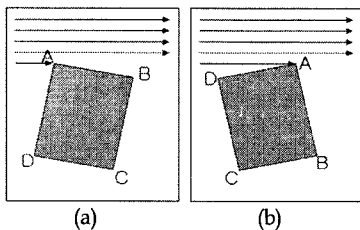


그림 8. 물체의 위치에 따른 꼭짓점 순서
Fig 8. Follows in location of the object act point order

이럴 경우 1번 카메라와 2번 카메라의 특정 데이터를 비교하기가 불가능하다. 그래서 사각형의 꼭짓점 4개를 항상 그림 8의 (a)와 같은 순서가 되도록 추출된 4개의 (X, Y)좌표 중 A는 X좌표와 Y좌표의 합이 가장 작은 좌표, C는 X좌표와 Y좌표의 합이 가장 큰 좌표로 한다. 이렇게 A와 C를 고정하고 B와 D의 Y좌표를 비교하여 큰 좌표를 D, 작은 좌표를 B로 정해주는 간단한 규칙을 적용하여 항상 좌측 상단의 꼭짓점이 A가 되고 시계방향으로 B, C, D가 차례대로 인식이 되게끔 하였다.

8. 중심점 계산

본 연구의 최종 목적은 물체의 3차원 중심 좌표를 찾아내는 것이다. 카메라를 그림 6과 같이 설치하면 그림 9와 같이 카메라 1에서는 크기가 다른 두 개의 직사각형이 검출되고, 카메라 2에서는 하나의 원과 하나의 직사각형이 검출된다.

카메라 1에서 각 꼭짓점 4개를 찾아 직사각형의 중심점 공식을 이용하여 각 물체의 X와 Y좌표를 찾아낼 수 있다. 그리고 카메라 2에서는 원의 중심좌표와 원의 지름 그리고 직사각형의 4꼭짓점 좌표와 중심점 좌표를 알 수 있다. 그리고 카메라 1의 두 직사각형과 카메라 2의 원 또는 직사각형의 공통되는 기준을 찾아야 육면체와 원통의 정확한 중심 값을 추출할 수 있다.

카메라 1에서 두 직사각형의 BC의 길이와 카메라 2에서 직사각형의 AB의 길이를 비교하여 일치하면 육면체로 인식하고, 카메라 1의 중심점 좌표(X, Y)와 카메라 2의 직사각형 BC사이의 거리를 Z값으로 하여 육면체의 3차원 중심점 (X, Y, Z) 값을 찾아낸다. 그리고 카메라 2의 원의 지름과 카메라 1의 BC의 길이를 비교하여 일치하면 원통으로 인식하고, 카메라 1의 중심점 좌표(X, Y)와 카메라 1의 BC의 거리를 Z값으로 하여 원통의 3차원 중심점 (X, Y, Z) 값을 찾아낸다.

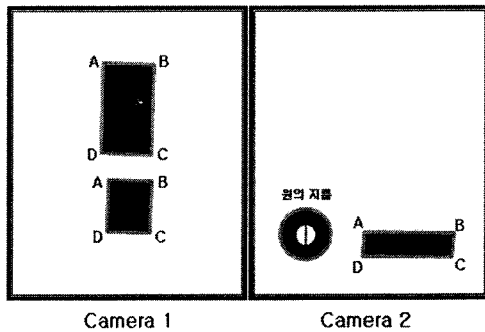


그림 9. 카메라 입력 영상
Fig 9. Camera input image

III. 실험 및 결과

그림 10는 실험에 사용된 CCD카메라와 렌즈이다. 실험에 사용한 CCD 카메라는 TOSIBA TELI사의 GiantDragonSeries중 모델명 CSGX36BC3이다. 영상 전송 방식은 Giga Ethernet방식이고, 출력영상은 B/W(흑백)영상, 최대 프레임은 36fps, 입력 화소는

1024×768 이다. 렌즈는 화각이 넓고 고정초점방식인 FV-0422 렌즈를 사용하였다. 그림 11은 본 연구에서 사용한 원통(coil)과 육면체(slat)의 실험 물체이다. 원통의 지름은 150mm이고 옆면의 길이는 120mm이다. 육면체의 가로×세로×높이는 255mm × 147mm × 70mm이다.

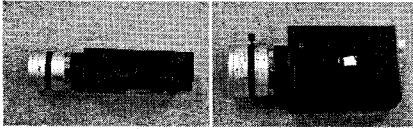


그림 10. CCD 카메라, 렌즈
Fig 10. CCD camera and lens

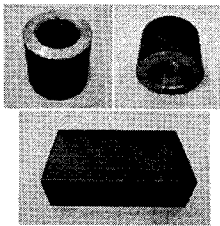


그림 11. 실험 물체
Fig 11. Experimental object

실험방법은 카메라를 정해진 위치에 고정된 후 하나의 원통과 육면체를 정해진 범위 내에 위치시키고 그림 12와 그림 13과 같이 프로그램을 실행하여 실험을 하였다. 중심점 추출 시 우선 고려해야하는 부분이 카메라 1과 카메라 2의 영상이 어떻게 서로 매칭이 되는지 파악하여야한다.

육면체의 카메라 1의 이미지에서는 2개의 BC값을 가진다. 카메라 1의 BC길이가 카메라 2의 AB길이가 동일하게 측정되는 것을 육면체로 인식을 하고 카메라 1에서 나타나는 중심값(X, Y)과 카메라 2에서 BC 길이를 계산하여 Z 값을 구한다. 하지만 카메라 설치 시 중 발생 할 수 있는 오차를 고려하여 두 선분의 길이차가 10pixel 이하이면 같은 물체로 인식하여 중심값(X, Y, Z)을 찾아내었다. 그리고 원통의 경우 지름의 길이를 알기 때문에 카메라 1에서 BC의 길이와 원의 지름의 길이가 일치하게 되면 원통으로 인식을 하게끔 하였다. 이 과정에서 오차를 고려하여 원의 지름과 카메라 1의 BC값의 차이가 10pixel 이하이면 같은 물체로 인식하여 중심값(X, Y, Z)를 찾아내었다. 그리고 한 개 pixel의 크기를 구하기 위해서 카메라 1의 큰 직사각형의 BC길이를 계산하고 실제 길이와 비교하고 비례식으로 개산하여 한 개의 pixel의 크기를 정한다. 본 실험의 경우 1 pixel ≃ 1.29mm로 화면상의 X, Y, Z의 pixel 위치에 1.29를

곱한 값이 실제 위치의 좌표가 된다. 만약 다른 장소에서 실험을 하게 되거나 카메라의 위치가 변하게 되면 pixel 크기는 다시 계산되어야한다.

표 1과 표 2는 실제 물체가 놓인 위치를 줄자를 이용하여 측정한 중심 실측값과 프로그램을 실행하여 나오는 중심 계산 값을 비교한 것으로 오차가 발생하는 것을 확인 할 수 있다. 이러한 오차가 발생하는 원인으로 pixel의 비율계산 시 발생하는 소수점의 반올림과 에지 추출 시 빛과 그림자의 영향으로 인한 형상인식의 오차로 인하여 약간의 오차는 발생한다. 그러나 모든 결과 값이 1% 미만의 오차를 가지므로 실제 산업현장 적용하여도 사용이 가능한 범위 안에 모든 값들이 존재하는 것을 알 수 있다. 그리고 본 연구의 목적 분야인 무인 운반설비의 자동화 시스템의 크레인의 크기와 실제 물체를 이동시킬 전자석의 크기, 그리고 실제 현장에서 사용되는 물체의 크기를 고려하였을 때 1%미만의 오차는 무시되어도 될 정도의 크기이므로 실제 산업현장에서 사용될 수 있음을 확인하였다.

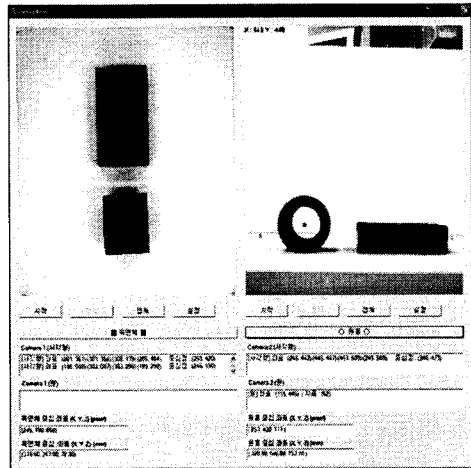


그림 12. 프로그램 실행화면(1)
Fig 12. Program execution screen(1)

표 1. 계산값 및 실측값 비교(1)(단위 : mm)
Table 1. Calculation price and thread side price comparison(1)

	value	X	Y	Z
육 면 체	calculation	317.34	246.39	70.90
	survey	320.00	245.00	70.00
	error	2.66	1.39	0.90
원 통	calculation	326.37	541.80	149.64
	survey	325.00	540.00	150.00
	error	1.37	1.89	0.36

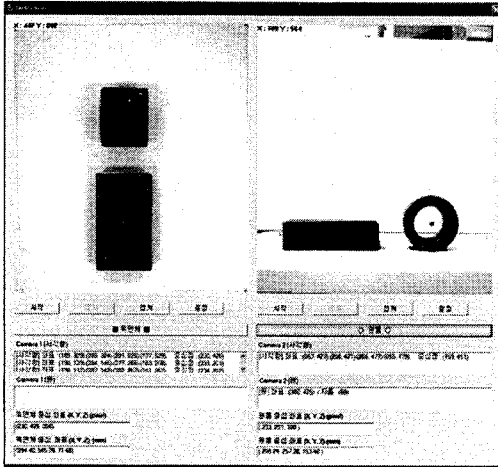


그림 13. 프로그램 실행화면(2)
Fig 13. Program execution screen(2)

표 2. 계산값 및 실측값 비교(2)(단위 : mm)
Table 2. Calculation price and thread side price comparison(2)

	value	X	Y	Z
육면체	calculation	294.40	545.28	71.68
	survey	300.00	550.00	70.00
	error	5.60	4.72	1.68
원통	calculation	298.24	257.28	153.60
	survey	300.00	255.00	150.00
	error	1.76	2.28	3.60

IV. 결 론

본 연구에서는 직교식 Stereo Vision System을 이용하여 물체의 종류와 중심점을 인식하는 방법과 이를 이용하여 무인크레인이 필요로 하는 실측좌표를 찾아내는 알고리즘을 제안하였다. 제시한 방법은 2개의 CCD 카메라를 정해진 위치에 설치하고 각각 입력되어진 영상을 사용자가 원하는 순간의 영상을 저장하여 그 때의 각 물체의 종류와 중심점을 추출하고, 추출되어진 정보에 실측 비율을 곱한 계산값을 구하여 무인크레인이 필요로 하는 좌표값을 찾아낸다. 본 연구에서 제안된 방법은 실제 산업현장에서 가장 많은 형태인 원통과 육면체를 기준으로 실험하였고, 모의실험을 통해 매우 높은 정확도를 나타내었다. 따라서 본 연구에서 제안한 기법을 무인크레인에 적용하게 되면 무인 운반설비의 자동화 시스템 개발에 도움이 될 것으로 기대된다. 향후 본 연구에서 이용한 CCD 카메라 위치를 그림 14와 같이 카메라의 시각방향을 동일한 점으로 맞추어 구현하는 수

평식 Stereo Vision 방식으로 설치하여 형상인식과 특정좌표를 추출하는 알고리즘을 연구할 계획이다 [2].

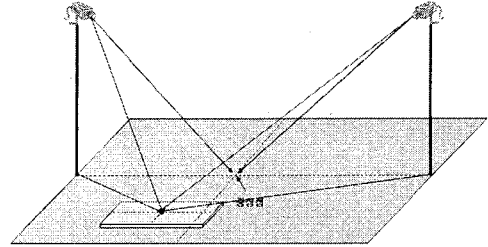


그림 14. 계획 구상도
Fig 14. Plan conception

본 연구는 2007년도 산업자원부에서 지원하는 지역산업 공동기술 개발의 일환으로 “무인 운반하역설비의 자동화 시스템 개발” 프로젝트의 vision part에 해당되는 연구로 평화기전(주)과의 공동 연구로 진행되었다.

참고문헌

- [1] 김기범, “스테레오 비전을 이용한 3차원 물체 측정에 관한 연구”, 서울산업대학교, 2002.
- [2] 윤희주, “이동물체 추적을 위한 스테레오 비전 정합 기법”, 부산대학교, 2006.
- [3] 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, 945-968, 1996.
- [4] 정성환, 이문호, “C를 이용한 영상처리 이해와 활용”, 영한출판사, 2003.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 정성환, 이문호, “컴퓨터 비전 실무 프로그래밍-기본편”, 홍릉과학출판사, 2006.