

로봇과 화상처리를 이용한 위험기계의 loading 작업

Loading Work of Dangerous Machine with Image Processing and Robot

이 지 용* · 이 병 곤**
Ji-Yong Lee · Byung-Kon Lee

ABSTRACT

In this study, image processing were performed to recognize the shape of objects and find its center coordinate and direction to grisp the objects by the robot automatically.

The proposed methods could be applied to objects even if light is reflected, and to identify the insides and outsides of objects by using the photo sensor and the difference of surface conditions.

Also image segmentation is performed to the objects close to each other.

These image processing methods will be increased the safety of operators by the automation of dangerous and hazardous machine works.

1. 서 론

위험기계기구인 프레스에는 의무적인 안전장치의 사용에도 불구하고 재해는 줄어들지 않고 있다. 이러한 위험기계기구의 근원적인 안전대책은 자동화하는 것으로서, 프레스에는 자동송급장치, progressive금형, transfer프레스 등을 이용하여 자동화할 수 있으나 이러한 방법들은 소량생산이나, 굵

힘 등 2차 가공물, 또는 절단된 소재는 자동송급할 수 없어 적용하기가 곤란하다. 이러한 작업에는 로봇과 같이 다양한 작업을 할 수 있고, 또 쉽게 프로그래밍하여 작업을 변경할 수 있는 것이 적합하나, 로봇을 이용하려면 소재를 정확한 위치에 갖다 놓아야 하며 소재의 위치가 변경되면 잡을 수 없어, 별도의 소재공급설비나 사람이 필요하여 로봇의 도입이 제한되고 있다.

본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여

* 충북대학교 대학원 산업안전공학과

** 충북대학교 산업안전공학과

CCD카메라를 이용한 화상처리시스템을 이용하여 물체의 형태와 위치를 인식하고 중심좌표를 찾아 로봇에게 on-line으로 전송하여 위험기계기구에 소재를 넣고 빼내는 loading작업을 자동화하여 재해를 근원적으로 방지할 수 있도록 하고자 한다.

2. 화상처리 시스템

2.1 시스템의 구성

화상처리를 위한 시스템은 Fig. 1과 같이 CCD 카메라와 명암도 256gray level의 256×256pixels을 처리할 수 있는 image board를 사용하며, 조명은 일반 전구 한개를 수직으로 비춘다. 프레스와 같이 금형내에 소재를 공급하기 위해서는 수직다관절형의 로봇트가 적합하나, 본 연구에서는 4축의 자유도를 갖는 AC서보모터 구동의 수평다관절형을 이용하였다.

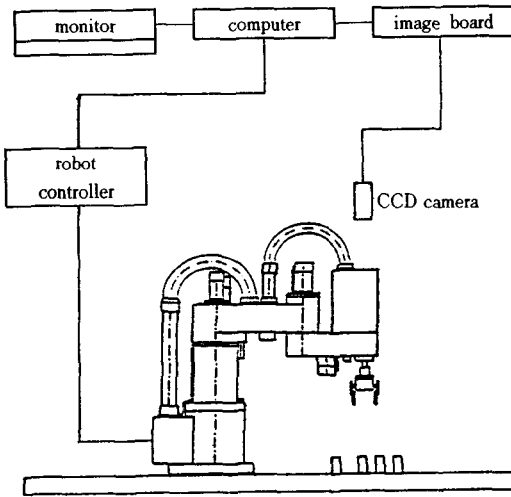


Fig. 1 System configuration of robot vision

로봇트의 gripper도, 물체의 양쪽 측면을 잡는 air finger, 평면을 흡착하는 진공패드(vacumm pad), 자력을 이용하는것 등 여러 종류가 있어¹⁾ 작업에 적합한 형을 선택하여야 한다. 본 연구에서는 공압으로 구동되는 air finger를 사용하였다.

2.2 물체의 분류

- 물체를 다음과 같이 5개의 class로 분류하였다.
- class 1; 각각 떨어져 있는 2차원, 3차원 평면물체로 방향성이 없는 경우
- class 2; 각각 떨어져 있는 2차원 평면물체로 방향성이 있는 경우
- class 3; 2차원, 3차원 물체로 앞뒤가 다른 경우
- class 4; 물체가 근접해 있는 경우
- class 5; 물체가 겹쳐져 있는 경우

3. 화상처리

화상처리의 대표적인 예는 Fig. 2와 같다.

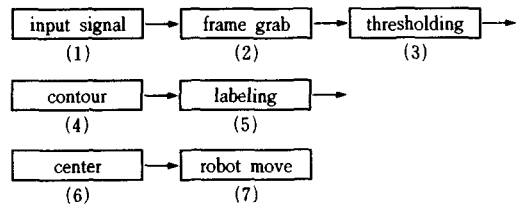


Fig. 2 Block diagram of image processing

- Fig. 2의 (1)은 CCD카메라에서 입력되는 아날로그 신호이며,
- (2)는 image board에서 아날로그 신호를 명암도 0~255(0; black, 255; white)단계의 디지털 화상으로 변화하는 과정이다.
- (3)은 256단계의 명암도로 표시된 화상을 어떤 임계값을 기준으로 화소를 0(배경)과 1(물체)의 2치 화상으로 구분하는 것으로, 본 연구에서는 분산을 이용한 Otsu의 방법³⁾ 이용하였으며, 이 방법은 두 그룹간의 분산을 최대로 하는 값을 최적의 임계값으로 하는 것이다.
- (4)는 물체의 윤곽선을 추출하는 처리로 Sobel 연산자(operator)를 사용하였다. Sobel연산자는 화소(y, x) 주위의 3×3 window상에서 x방향 화소 명암의 구배값(gradient) Dx와 y방향의 구배값 Dy의 절댓값의 합으로 표시한다.

$$S(y, x) = |Dx| + |Dy| \dots\dots\dots (1)$$

$$D_x = (f_{y+1,x-1} + 2f_{y+1,x} + f_{y+1,x+1}) - (f_{y-1,x-1} + 2f_{y-1,x} + f_{y-1,x+1}) \dots\dots\dots (2)$$

$$D_y = (f_{y-1,x+1} + f_{2y,x+1} + f_{y+1,x+1}) - (f_{y-1,x-1} + 2f_{y,x-1} + f_{y+1,x-1}) \dots\dots\dots (3)$$

- (5) 는 (4)에서 찾은 윤곽선들을 각각 다른 값의 라벨을 붙이는 처리이다.
- (6) 은 라벨이 같게 표시되어 있는 폐곡선의 중심점을 찾는 처리이다.
- (7) 은 로봇트를 구동하여 물체를 집는 과정으로, 물체에 방향성이 있는 경우에는 Fig. 3의 방향코드를 이용하여 방향을 구한다⁵⁾.

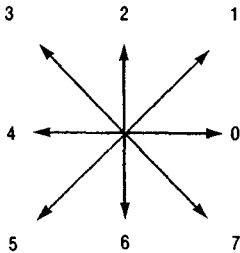


Fig. 3 Representation of 8-direction chain code

로봇트가 화상처리로 얻은 물체의 중심으로 이동하여 물체를 집어 지정된 장소에 갖다 놓기 위해서는 화상모니터상의 x, y거리를 실제거리로 환산하

여야 한다. 로봇트 구동은 로봇트 명령어의 program을 사용하여 PC의 RS232C를 통해 로봇트 콘트롤러에 전송한다.

4. 결과 및 고찰

4.1 Class 1의 경우(방향성이 없는 경우)

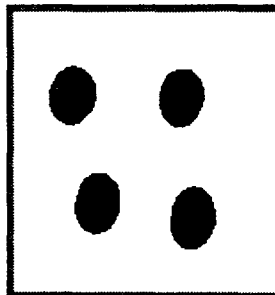
4.1.1 3차원 물체로 방향성이 없는 경우

Fig. 4(a)는 내경이 35mm인 흑색 필립통 4개가 임의의 위치에 세워져 있는 경우로 영상처리과정은 Fig. 2와 같으며 물체가 흑색으로 빛을 잘 흡수하여 (b)와 같이 2치 화상으로 잘 구분되며 (c)와 같이 분명한 윤곽선을 찾을 수 있고 (d)와 같이 비교적 정확하게 물체의 중심점을 찾을 수 있다. (e)는 화상의 명암분포도(histogram)로 Otsu방법으로 구한 임계값은 화살표로 표시한 123이었다.

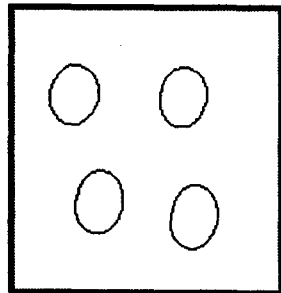
486-DX형 PC에 의한 필립통 한개당 평균처리시간은 약 0.1sec이다. 참고로, 로봇트로 물체 한개를 집고 50cm거리의 로봇트 정면으로 옮겨 놓는데 걸린 시간은 로봇트 최대속도의 50%로 움직일 때 약 7sec였다.



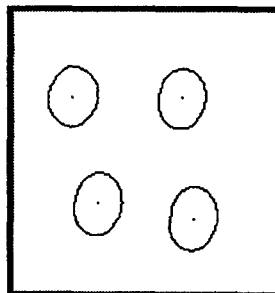
(a) image



(b) threshold



(c) contour



(d) center

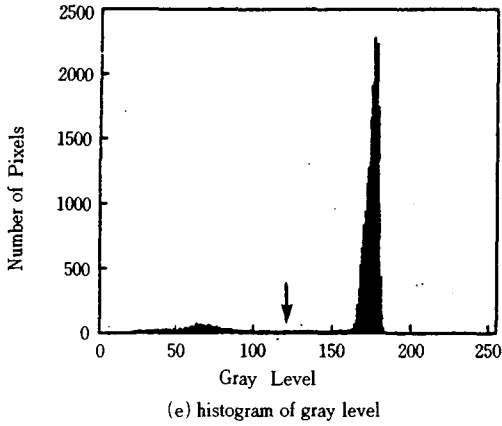


Fig. 4 Image processing results of black film case

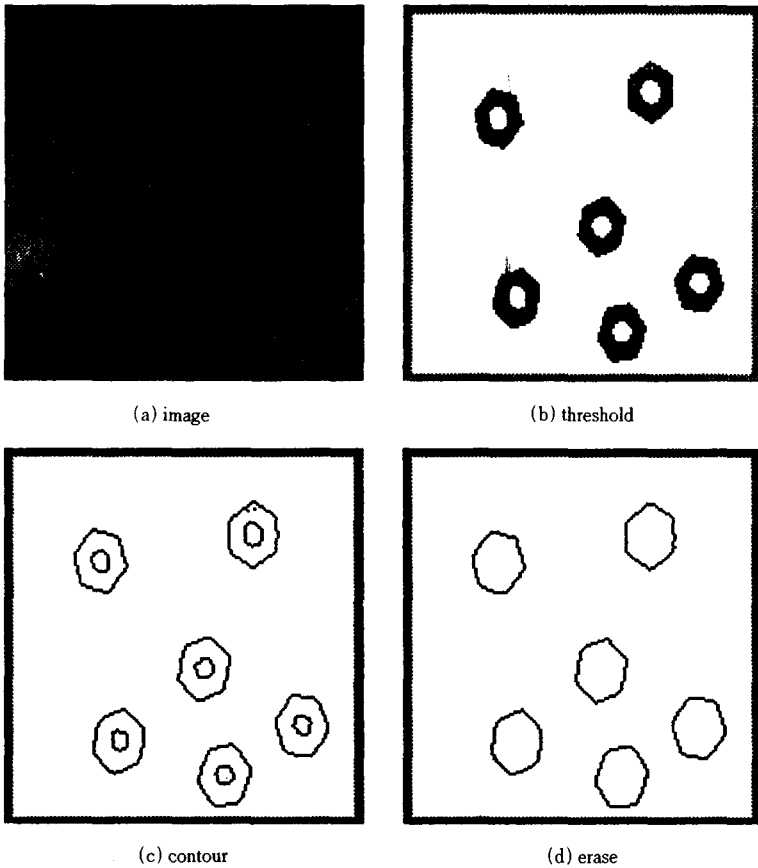
4.1.2 2차원 물체로 방향성이 없는 경우

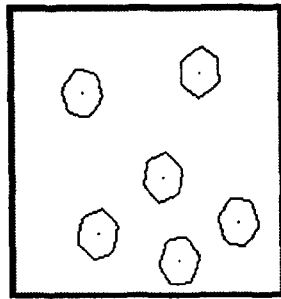
Fig. 5(a)는 내경이 14mm인 흑색의 너트가 평면상태로 놓여 있는 경우로 영상처리 과정은 Fig. 2와 같으나, (c)와 같이 물체의 윤곽선이 두개가 생겨 내부윤곽선을 삭제하는 (d)의 erase과정을 추가하였다. 이 경우 역시 물체가 흑색으로 빛을 잘 흡수하여 (e)와 같이 비교적 정확하게 물체의 중심점을 구할 수 있었다.

4.1.3 빛이 반사되는 경우

Fig. 6 (a)는 내경이 14mm인 아연도금된 너트로서 물체가 황금색으로 빛을 반사하여 Fig. 2와 같이 영상처리하면 (b)와 같이 빛이 반사되어 물체의 윤곽이 잘 구분되지 않는다.

이러한 경우는 Fig. 7(b)와 같이 Sobel 연산자를 이용하여 경계(edge)를 검출하여 2치화하면 반사되는 물체의 경계도 배경과 잘 구분되며 (d)와 같이 중심을 구할 수 있다.





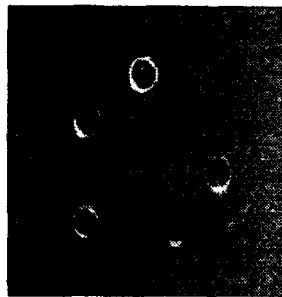
(e) center

Fig. 5 Image processing results of nuts(black)

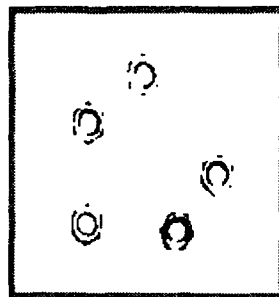
4.2 Class 2의 경우(방향성이 있는 경우)

Fig. 8(a)는 필름통이 세워져 있는 경우와 쓰러져 있는 경우로서 Fig. 2와 같이 화상처리 후에, Fig. 3의 방향코드를 이용하여 면적을 계산하여 물체가 쓰러져 있는지 세워져 있는지를 먼저 구분한

다. 그 다음 방향코드의 방향을 조사하여 쓰러져 있는 물체의 각도를 0, 45, 90, 135도의 4단계로 구분하며, Fig. 8의 직사각형 물체의 각도는 135도로 인식하였다. 물체의 높이는 알고 있으며, 로봇 gripper의 폭이 물체보다 크고 여유가 있어 물체를 집을 수 있다.

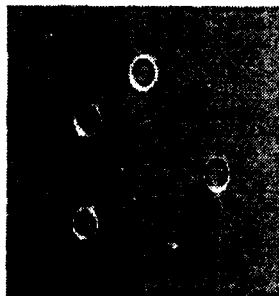


(a) image

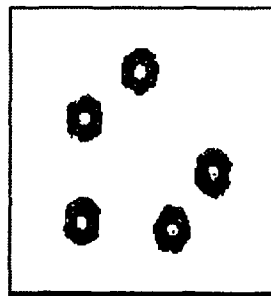


(b) threshold

Fig. 6 Image processing results of nut



(a) image



(b) threshold

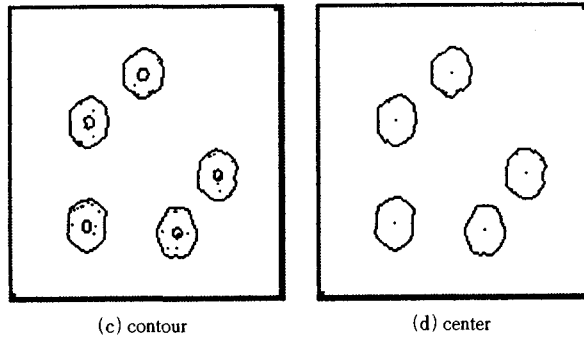


Fig. 7 Image processing results

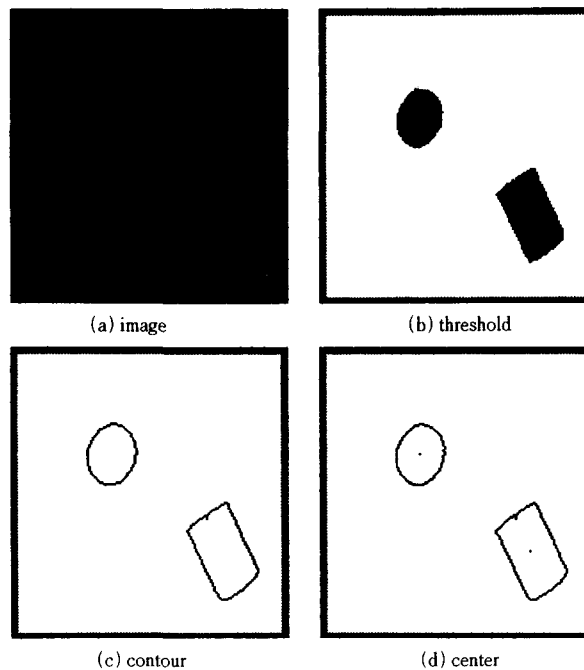


Fig. 8 Image processing results of film case(black)

4.3 Class 3의 경우(물체의 앞뒤가 다른 경우)

물체의 내부가 비어 있어 앞뒤가 다른 경우, 물체의 내부 및 외부의 표면조도가 다르거나 볼록한 부분과 오목한 부분이 있는 경우는 빛의 반사로 인하여 명암도가 달라지며 이를 이용하여 앞뒤를 구분한다.

4.3.1 물체 안팎의 표면조도가 다른 경우

Fig. 9(a)는 필름통 두개가 서로 반대방향으로 외부는 표면이 거칠어서 빛을 반사하지 않고 흡수되나, 내부는 필름을 보호하기 위하여 매끈하게 처리되어 빛에 반사가 잘 되어 이를 필름통의 앞뒤 구분에 이용한다. Fig. 9(b)와 같이 내부가 보이면 반사되어 0의 화소(흰 부분)가 생기며 이 비율이 기준값 이상이 되면 물체의 내부가 보이는 상태라고 판단한다.

물체의 앞뒤 구분 후 집고자 하는 물체의 앞뒤가 반대로 되어 있으면, 물체를 잡고 일정한 장소에

옮긴 후, 반전기구를 이용하여 반전시킨 후에 이동한다.

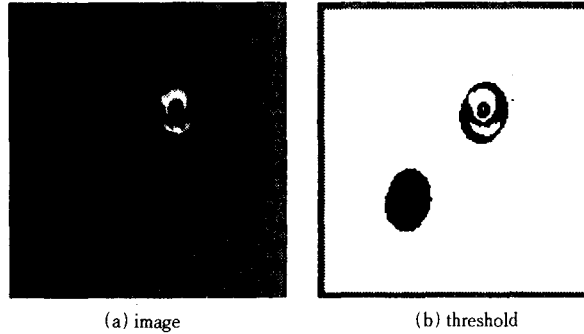


Fig. 9 Image processing results

4.3.2 센서 이용

광화이버 센서는 광전센서와 광화이버를 조합시킨 것으로 미세한 물체나 부위를 검출할 수 있다. 센서를 로봇의 gripper에 부착하고 화상처리로 얻은 중심좌표로 이동한 후 gripper를 내리면 내부가 비어 있는 경우와 막혀있는 경우에 센서가 감지하는 위치가 틀리므로 이를 이용하여 앞뒤를 구분한다. 센서의 감지신호는 PC에 디지털값으로 입력되어 물체의 감지여부를 판단한다.

본 연구에서 사용한 센서의 직경은 1mm, 검출거리는 55mm이하, 최소검출 물체는 직경 1mm이다.

4.4 Class 4의 경우(물체가 근접해 있는 경우)

물체가 근접해 있는 경우 화상처리를 행하면 여러개의 물체가 한개의 물체로 인식되는 오류가 생겨 영상의 분할이 필요하다.

4.4.1 분할 갯수를 모르는 경우

분할 갯수를 모르는 경우는 화소간 거리의 차이를 이용하여 분할하는 Batchelor & Wilkins 알고리즘을⁷⁾ 이용한다. Fig. 10(a)는 흑색의 바둑알 3개가 근접해 있는 경우로서 분할한 결과 (b)와 같이 각각의 물체 중심을 구할 수 있었다. 분할은 원래의 방법과 같이 모든 화소에 대해 적용하지 않고 윤곽선의 화소들에만 적용하여 시간이 크게 단축되었다.

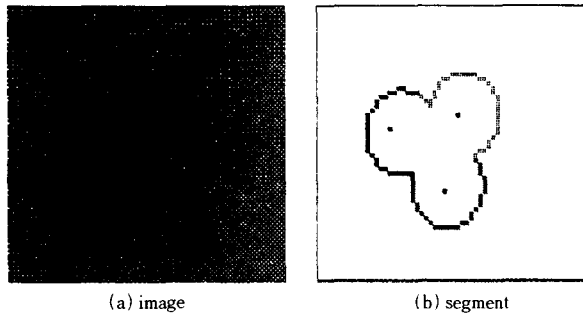


Fig. 10 Image segmentation with batchelor & wilkins algorithm

4.4.2 분할 갯수를 아는 경우

분할 갯수를 아는 경우에는 거리 제곱의 합을 최

소화하는 최소자승거리법⁷⁾ 이용하여 영상을 분할한다. Fig. 11은 흑색의 바둑알 3개를 붙여 놓고

분할한 결과로 (b)와 같이 각각의 물체 중심을 구할 수 있었다. 이 역시 원래의 방법과 달리 윤곽선

의 화소들에만 적용하여 시간이 크게 단축되나 물체의 중심은 다소 윤곽선 쪽으로 치우친다.

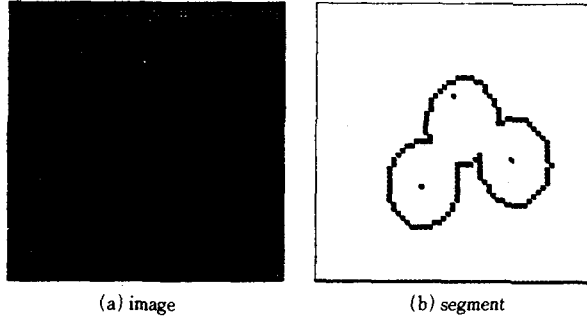


Fig. 11 Image segmentation with minimization of sum of squared distance

화상처리결과 3개 이내의 근접한 물체는 비교적 분할이 잘되나 4개 이상인 경우에는 잘 분할되지 않아 이 경우에는 별도의 처리가 요구된다.

최근 겹쳐져 있는 물체의 인식에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으나^{9),10)}, 방법이 복잡하고 계산이 방대하여 on-line으로 이용하기 어렵다.

4.5 Class 5의 경우(겹쳐져 있는 경우)

본 연구에서는 Fig. 12(a)와 같이 흑색의 바둑알이 겹쳐져 있는 경우, Sobel 연산자를 이용하여 경

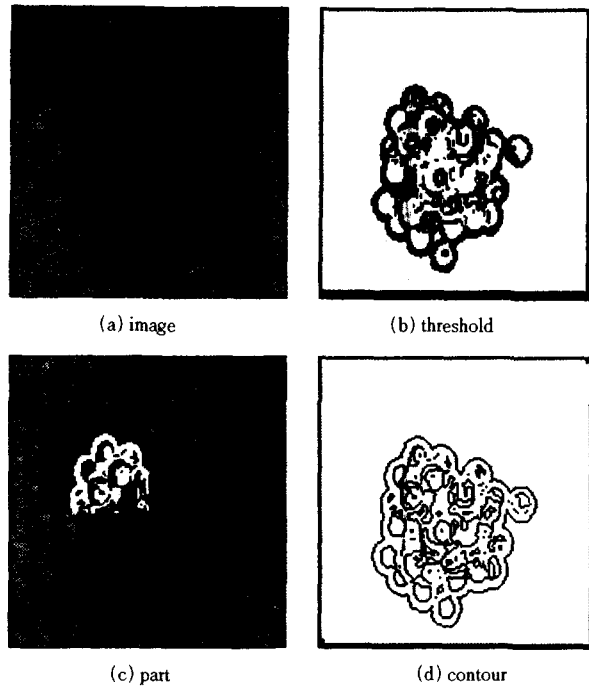


Fig. 12 Image processing results

계를 추출하면 (b)와 같이 겹쳐져 있는 물체의 명암도가 틀려 부분적으로 물체를 구분하며 일부 물체의 중심을 찾을 수 있음을 확인하였다. 또는 (c)와 같이 국부적으로 영상처리하여 중심을 찾는다. 이렇게 중심이 찾아진 물체들로부터 로봇으로 집어 이동시킨 후, 나머지 물체들에 대해 반복한다. 중심을 찾은 물체는 높이를 모르므로 로봇 gripper의 센서를 물체중심으로 이동시키고 이 센서를 이용하여 물체의 높이를 인식한다. 또한 이렇게 찾은 물체는 경사도가 일정치 않으므로 로봇으로 일정한 장소에 옮겨 놓은 후 다시 화상처리를 하여 일정한 방향과 경사도로 물체를 잡고 옮긴다.

5. 결 론

로봇으로 물체를 인식하기 위하여 물체를 5가지로 분류하고 각각에 대하여 물체의 중심을 찾는 화상처리 과정을 제시하였다.

그 결과, 각각 떨어져 있는 물체는 빛이 반사되어도 Sobel 연산자를 이용하여 물체의 중심을 찾을 수 있으며, 방향성이 있는 물체는 방향코드를 이용하여 방향을 인식할 수 있음을 보였다.

또한 물체의 표면조도나 센서를 이용하여 내부가 비어 물체의 앞뒤가 다른 경우의 안팎을 구분하는 방법을 제시하였다.

물체가 근접해 있는 경우, 기존의 영상분할 방법을 이용하여 분할하고, 겹쳐져 있는 물체들은 부분적으로 중심을 찾아 이동시킨 후 반복하는 방법을 제시하였다. 이러한 화상처리 방법을 위험기계기구의 loading작업에 이용하면 소재의 형태와 위치, 방향을 인식하고 중심좌표를 찾아 on-line으로 로봇이 소재를 공급하는 자동화나 무인화를 기할

수 있어 재해를 근원적으로 방지할 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 1) P. J. Mckerrow, Introduction to Robotics, Addison-Wesley publishing Co., 1991.
- 2) J. Kitter, J. Illingworth On Threshold Selection Using Clustering Criteria, IEEE Trans. Syst., Man, Cybern., Vol. SMC-15, NO. 5, pp. 652~655, SEPTEMBER/OCTERBER, 1985.
- 3) N. Otsu, A Thershold Selection Method from gray Level histograms, IEEE Trans. Syst., Man, Cybern., Vol. SMC-9, pp. 62~66, 1979.
- 4) 장호식 외, Matched Filter를 이용한 옥외 환경에서의 화차 번호 인식기법 제1회 문자인식워크샵, pp. 127~132, 1993.
- 5) Michael C. Fairhurst, Computer Vision for Robotic Systems, Prentice Hall, 1988.
- 6) William K. Pratt, Digital Image Processing 2/ed, John Wiley & Sons, Inc., 1991.
- 7) Sing-Tze Bow, Pattern Recognition & Image Preprocessing, Marcel Dekker, 1992.
- 8) Peter. W. M. Tasng, etc. Recognition of Occluded Objects Pattern Recognition, Vol. 25, No. 10, pp. 1107~1117, 1992.
- 9) P. Lopes, ect. Identification of Partially Occluded Objects using Object chain code, Proc. IEEE/RSJ pp. 1829~1834, July, 1993.
- 10) 김성로 외, Segment에 근거한 부분적으로 가려진 2차원 물체인식 제6회 신호처리학술대회, pp. 365~370, 1993.