

## 3D 부품모델 실시간 인식을 위한 로봇 비전기술 개발 Development of Robot Vision Technology for Real-Time Recognition of Model of 3D Parts

심병균<sup>1\*</sup>, 최경선<sup>2</sup>, 장성철<sup>3</sup>, 안용석<sup>4</sup>, 한성현<sup>4</sup>  
Byoung-Kyun Shim<sup>1\*</sup>, Kyung-Sun Choi<sup>2</sup>, Sung-Cheol jang<sup>3</sup>,  
Yong-Suk Ahn<sup>4</sup>, Sung-Hyun Han<sup>4</sup>

### <Abstract>

This paper describes a new technology to develop the character recognition technology based on pattern recognition for non-contacting inspection optical lens slant or precision parts, and including external form state of lens or electronic parts for the performance verification, this development can achieve badness finding. And, establish to existing reflex data because inputting surface badness degree of scratch's standard specification condition directly, and error designed to distinguish from product more than schedule error to badness product by normalcy product within schedule extent after calculate the error comparing actuality measurement reflex data and standard reflex data mutually. Developed system to smallest 1 pixel unit though measuring is possible 1 pixel as  $37\mu\text{m} \times 37\mu\text{m}$  ( $0.1369 \times 10^{-4}\text{mm}^2$ ) the accuracy to  $1.5 \times 10^{-4}\text{mm}$  minutely measuring is possible performance verification and trust ability through an experiment prove.

**Keywords :** Robot Vision, Image Process, Pattern Recognition, Real-Time

### 1. 서론

컴퓨터의 사용으로 문서 위의 정보를 컴퓨터에 저장하여 효율적으로 처리하고 관리하기 위해서는 문서위의 문자를 인식하여 정보를 저장한다. 현존하는 대부분 단일 글꼴문자나 변형이 없는 문자에 대한 문자인식은 높은 평가를 받고 있으나 문서위에 다른 글꼴의 문자를 사용하거나 크기를 변형했을 경우 현저히 인식하지 못하는 문제점을 가지고 있다. 문자 및 형상인식기술에 대한 초창기의 연구는 주로 2차원 정

보를 얻는데 초점을 두어 왔다. Makhlin<sup>1)</sup>은 카메라를 수직으로 설치해 이진 영상(Binary Image)으로 원형 형상의 위치를 알아내어 전기 모터의 조립을 수행하였다.

Moshe Shoham<sup>2)</sup>은 4개의 요소로 구성된 스폿(Spot)감지기로 2차원 상에서 방향과 속도 정보를 이용하여 용접선을 추적하는 작업을 수행하였다. Hitachi<sup>3)</sup>에서는 전자 소자를 PCB에 삽입하는 과정에서 단면의 형상을 인식하여 방향을 맞추는데 이용하였다. 자동화 발달과 더불어 3차원 물체의 형상이나 위치 및 방향 정보를

<sup>1\*</sup>정회원, 교신저자, 경남대학교 첨단공학과,  
E-mail:shimbk@kyungnam.ac.kr

<sup>2</sup>정회원, 경남로봇산업진흥재단, 팀장, 工博

<sup>3</sup>정회원, 한국폴리텍특성화대학 항공캠퍼스, 교수, 工博

<sup>4</sup>정회원, 경남대학교 기계공학부 교수, 工博

<sup>1\*</sup>Corresponding Author, Dept. of Advanced Engineering, Kyungnam University.

<sup>2</sup>Gyeongnam Robot Industry Foundation, Ph. D.

<sup>3</sup>Prof., KAPC Dept. of mechatronics, Ph. D.

<sup>4</sup>Prof., School of Mechanical Engineering, Kyungnam University, Ph. D.

언어내는 연구가 활성화되었다. Birk<sup>4)5)</sup>는 핸드 내에 있는 물체의 상태를 알 때 효과적으로 로봇을 조작하는 이론적인 연구를 하였다. Choi<sup>6)</sup>는 카메라로부터 얻어진 2차원 화상 데이터와 그 물체의 모서리가 작업 테이블에 수직이라는 제약 조건을 추가하여 원형 단면 형상 물체의 3차원 정보를 언어내는 방법을 제시하였다.

현재, 비접촉 검사용 문자 및 형상인식 시스템의 국내 실정은 외산의 상용장비의 도입이 주류이며 일부 업체들에서 외산 핵심 장치를 근간으로 하고 처리목적에 맞게 Program 만을 개발하는 형태로 업무를 진행하는 형식이 대부분이라고 할 수 있다. 소수의 일부 기업들에서 핵심 처리 장치를 개발하려고 시도되고 있으며 현재 상용화 된 것은 거의 없는 실정이다. 또한, 이 분야의 응용기술은 여러 업체에서 노후를 쌓아가며 연구개발에 박차를 가하고 있고 향후 국내 기술도 진일보 할 것으로 기대 된다. 기업의 경쟁력 확보에 문자 및 형상인식 시스템의 역할은 지대 할 것으로 판단되는데 그 이유는 경쟁력 강화를 위한 품질 보증, 인력 절감 생산성 향상 등 다양한 분야에 확대 적용이 기대되며 첨단 정밀 분야인 광학기기, 반도체, 디스플레이, 광학재료 및 정밀부품 분야 등에서는 비전 기술에 의한 검사/계측이 더욱 질실할 것으로 보인다. 따라서, 본 연구에서는 형상 및 문자인식 기술을 개발하여 정밀부품의 가공 정밀도 및 외형상태를 비롯하여, 양·불량 판정을 수행할 수 있는 문자 및 형상인식 제어기술을 개발하고 실험을 통하여 그 성능을 검증한다.

## 2. 본론

### 2.1 모델인식 기법

#### ○ 스트레스홀딩

영상 스트레스홀딩(Image Thresholding)은 그레이 레벨(gray level)의 연속색조(continuous-tone) 영상을 2진 레벨(binary level)의 흑백 영상으로 변환하는 기법이다. 지정된 스트레스홀드(threshold) 아래의 픽셀(pixel) 값은 모두 블랙(black)으로 변환되고, 스트레스홀드에 있거나 그 위에 있는 픽셀 값은 화이트(white)로 변환된다. 영상 스트레스홀딩은 윤곽선 추출(edge detection)을 하기 전에 수행하는 과정

으로써, 윤곽선을 추출하는데 혼란을 초래할지도 모르는 정보를 제거하기 위해 이용되는 과정으로, 영상처리과정에서 가장 보편적으로 이용된다.

스트레스홀드의 수식은 다음 식(1)과 같다.

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & f(x, y) \geq t \\ 0 & f(x, y) < t \end{cases} \quad (1)$$

여기서 F(X,Y)와 g(x,y)는 각각 영상처리전후의 (x,y)에 있는 화소의 농도값을, t는 경계값을 나타낸다. 본 연구에서 수행한 스트레스홀드 흐름도는 Fig. 1과 같다.

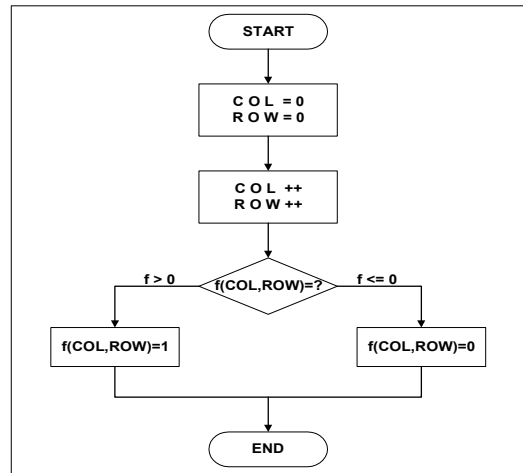


Fig. 1. Flowchart of threshold.

#### ○ 영상분할

본 연구에서 영상분할은 스트레스홀딩에 의해 처리된 흑백영상의 색정보를 이용하여 입력 영상에서 인식에 필요한 제품의 형상이 있는 부분만을 추출하였다. 분할할 부분의 열(column)의 시작 부분을 찾는 알고리즘은 Fig. 2와 같고, 분할할 부분의 줄(row)의 시작 부분의 알고리즘은 Fig. 2를 기본으로 두 군데를 수정하면 된다. 즉, 임의의 열(column)과 다음 열의 비교 대신 열의 위치는 같고 임의의 줄(row)과 다음 줄에 위치한 픽셀과의 부분과, Min x 대신 Min y를 구하면 된다.

다음 흐름도는 분할할 부분의 열(column)의 끝 부분 위치를 찾는 흐름도인데, 줄(row)의 끝 부분을 찾는 방법은 Fig. 3에서 임의의 열과 그 앞의 열의 비교 대신 임의의 줄과 그 앞줄을

비교하고, Max x 대신 Max y를 구하면 된다.

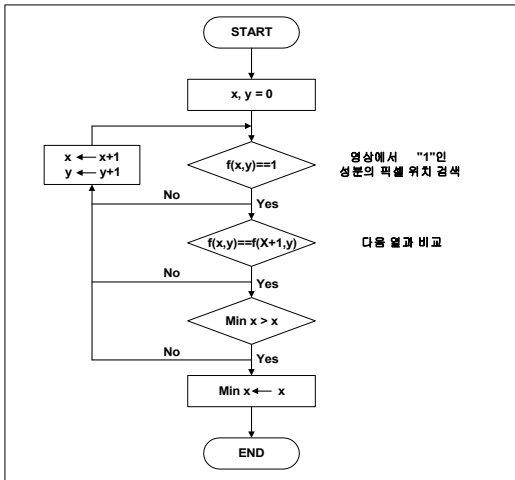


Fig 2. Flowchart of Initial Column for segment region.

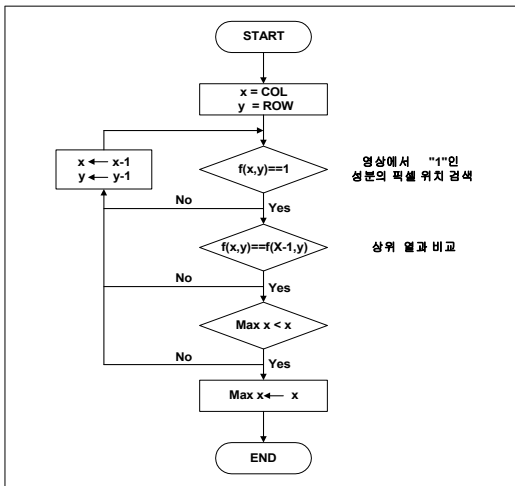


Fig. 3. Flowchart of real-time recognition based on vision technology.

○ 윤곽선 추출

윤곽선을 추출하는 알고리즘은 미분 연산에 의한 기법과 마스크(mask)와 정합(matching)에 의한 기법 등이 있는데, 본 연구에서는 사용하는 패턴의 윤곽선을 추출하는 알고리즘은 영상 스톱스레쉬(Image threshold)를 통한 평활화 과정을 거쳐 2진값으로 변환시킨 후 윤곽선 추출 작업을 수행하였다.

본 연구에서 수행한 알고리즘은 한 번의 스캔으로 상.하.좌.우 4방향 윤곽선을 추출한다. 스캔하면서 임의의 픽셀과 그 다음 스캔되는 픽셀과 비교하여 변화가 생기면 그 정보에 의해 윤곽선을 추출한다. 또한 잡음에 민감하게

반응하지 않도록 알고리즘이 설계되어 있기 때문에 잡음 제거과정의 전처리 단계를 거치지 않고 스톱스레쉬 과정을 수행한 후 윤곽선 추출 과정을 수행하였다.

○ 특징값 추출

입력된 영상의 패턴을 인식하기 위하여 가중치가 인가된 매트릭스를 통해 입력된 영상에서 추출된 윤곽선과 정합시켜 영상의 특징값을 결정한다. 패턴 영상의 데이터 분포에 따라 매트릭스의 가중치 인가 방법을 조절한다. 가중치인가 방법에 따라 특징값이 민감하게 변화하기 때문에 가장 안정적인 특징값을 추출하기 위하여 많은 모의실험이 필요하다.

본 연구에서 제안한 가중치 인가방법은 주어진 형상의 데이터를 분석하여 볼 때 데이터의 분포가 주로 중앙에 밀집하여 있기 때문에 가중치의 값도 중앙에 비중을 두어 인가하였다.

2.2 비전 시스템의 구성 요소

비전 소프트웨어는 호스트 컴퓨터의 운영체제(Operation System)하에서 동작하며, 호스트 컴퓨터의 한 어플리케이션 소프트웨어로 작동한다.

연구에서 적용한 Matrox Meteor-II 영상처리 보드는 여러 기능을 가지고 있는 시스템의 한 모듈로서 응용될 수 있기 때문에 시스템 인테그레이션에 의한 특정용도의 시스템 개발이 편리하도록 설계되었다.

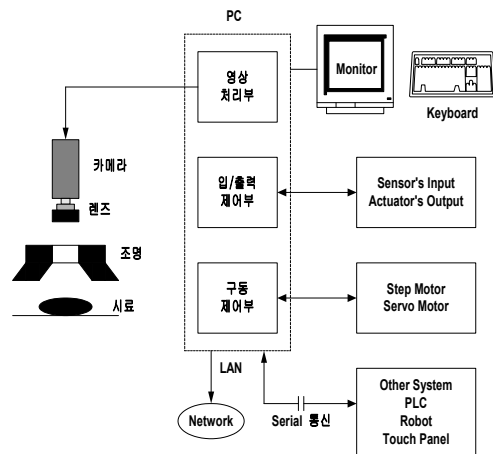


Fig. 4. Structure of vision system based PC.

비전 시스템의 주요 구성요소는 카메라, 렌

즈, 비전 모니터, 조명, 영상처리보드, 검사용 비전 알고리즘, Host Computer, 제어기 그리고, 검사다이 및 Frame, 제반 주변 TOOL 등으로 구성된다. Fig. 4는 PC 기반 부품 검사용 비전 시스템(Vision System)의 기본 구성도를 나타내고 있다.

### 2.3 실시간 형상인식 성능 시험

기준 모델 설정 순서는 기준모델 설정 시작, 이미지 획득, 기준모델 영역 설정, 표면영역 지정, 불량 검색 영역 지정, 불량 형태 설정 순으로 설정을 한다.

설정된 검사 영역 내 Pixel의 밝기를 0에서부터 255사이의 모든 영역을 히스토그램으로 표현한 화면을 나타낸다. 실제 문자 및 형상부품 부분을 판독할 수 있는 가장 적절한 Pixel의 밝기(158~255)를 파악한 후 이진화를 통하여 원형의 표준형상 부분을 인식한 후 설정 검사 영역 내의 Pixel 밝기의 최적화 히스토그램을 나타내고 있다.

여기서, 결정된 Pixel의 밝기 값은 기준 모델에 대한 적정 밝기 값으로 측정 대상부품의 측정시 표면에 미세한 Scratch가 있을 경우 Scratch Gray Level 값을 측정하게 되고 기준 모델의 최적화 히스토그램에서 설정된 Pixel의 밝기 값과 비교하여 이진화함으로써 Scratch의 유·무를 판단한 후 부품 표면의 양·불량을 측정한다. 또한, Scratch의 Pixel 값을 이진화함으로써 얻은 Pixel의 개수를 파악하여 Scratch의 크기 또한, 측정이 가능하다. 부품 모델의 표면 Scratch가 특정 값 이상을 불량이라고 처리할 경우 측정된 Scratch 부분의 Pixel 개수를 계산하여 양품부품의 Scratch 크기 기준에 맞는 정상 부품형상을 측정할 수 있다.

이 때 회전불변 특성의 특징값을 사용하므로, 각 부 인식기는 방향을 무시한 32개의 패턴만 인식하면 된다. 기존의 방법에 비하여 2대폭 감소된 수의 패턴을 인식하여야하므로, 신경회로망으로 구성된 각 부 인식기의 학습속도 및 인식율이 크게 향상될 수 있다. 마지막으로 방향 분류 단계에서는 입력된 부품패턴과, 판별된 형상에 대한 4가지 방향의 기준패턴과의 비교를 통하여 방향을 판별한다. 또한 형상이 아닌 기호 인지를 판별할 수 있게 된다.



Fig. 5. Experimental scene for recognition of part shapes and character numbers

부품형상인식 과정에서는 전 처리 과정에서 추출되어 정규화된 문자패턴의 문자 및 방향을 판별한다. 본 연구는 전 처리과정 및 후 처리 과정에는 기존에 제안한 방법을 사용하고, 형상인식 과정에는 새로운 방법을 적용하여 새로운 부품모델명 및 모델 번호의 부품형상 인식시스템을 구성한다. 부품위치이름으로 사용하는 문자는 A~Z의 영문대문자와 0~9의 숫자이며, 방향은 0도, 90도, -90도, -180도의 네 가지로 제한된다. Fig. 6과 같이 다양한 폰트의 인쇄체 문자가 네 가지의 방향으로 존재하는 것을 볼 수 있으며, 부품이 여러 가지 기호가 함께 존재하는 것을 볼 수 있다. 이러한 부품의 특성 상 기존 광학문자인식 시스템에 적용되는 부품인식 방법을 직접 적용하기 어렵다.

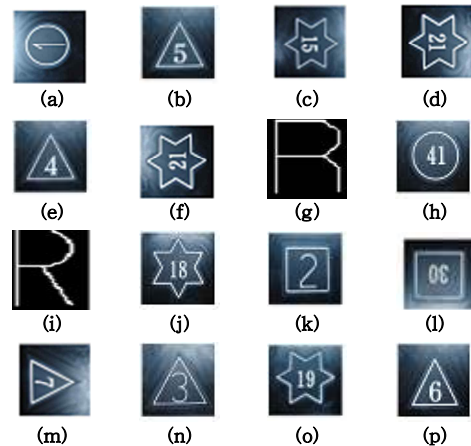


















Fig. 6 Experimental models for recognition of character numbers and part shapes

3D 부품의 형상 및 모델번호인식 실험을 위하여 각 모델마다 50회씩 실험을 통한 인식률 98% 이상의 결과를 얻었다. 부품모델의 실시간 인식 실험결과는 Table 1과 같다.

Table 1. Experiment recognition results of character numbers and part shapes

부품 모델	인식 횟수	인식 결과	부품 모델	인식 횟수	인식 결과
	50회	OK(50회)		50회	OK(47회) NO(3회)
	50회	OK(48회) NO(2회)		50회	OK(50회)
	50회	OK(50회)		50회	OK(50회)
	50회	OK(50회)		50회	OK(50회)
	50회	OK(50회)		50회	OK(48회) NO(2회)
	50회	OK(48회) NO(2회)		50회	OK(50회)
	50회	OK(50회)		50회	OK(47회) NO(3회)
	50회	OK(47회) NO(3회)		50회	OK(49회) NO(1회)

### 3. 결론

본 연구에서는 로봇비전 인식 기술에 의한 정밀부품의 형상 및 모델번호 검사를 위한 실시간 인식 기술에 대한 연구를 수행하였고, 그 성능 검증에 위하여 부품의 외형상태를 비롯하여, 부품의 모델번호의 실시간 인식에 대한 실험을 통하여 그 성능을 검증하였다. 그리고 표면 불량 Scratch 정도의 기준사양 조건을 직접 입력하여 기준 영상 데이터로 설정하여 놓고, 실제 측정 영상 데이터와 기준 영상 데이터를 상호 비교하여 그 오차를 계산한 후 일정 범위 이내의 오차는 정상제품으로 일정 오차 이상의 제품을 불량제품으로 판별하도록 설계하였다.

본 연구를 통하여 개발된 정밀부품 검사공정 자동화를 위한 로봇 비전 기술은 중소기업 기술경쟁력 유지 및 생산량 증대는 물론, 개발된 검사기술은 표준화 모델을 개발하여 그 상품의 수출을 통해 지역 산업고도화 및 경제 활성화에 크게 이바지 할 것으로 판단된다.

### 참고문헌

- 1) Markhlin, "Robot control and inspection by multiple camera vision", 11th ISIR, pp.121-128, (1981)
- 2) Moshe Shoham, "An optical sensor for real time positioning tracking and teaching of industrial robots", IEEE Trans., Vol. IE-31, No. 2, pp. 159-163, (1984)
- 3) Hitachi, "Vision system of an automatic inserter for PCB assembly", Proc. of the 2nd International Conf, pp. 63-72, (1982)
- 4) J. R. Birk, "A Computation for Robots to Orient and Position hand-held Workpieces", IEEE Trans., SMC., Vol. SMC-6, No. 10, pp. 665-671(1976)
- 5) N. Chen and J. R. Birk, "Estimating Workpiece Pose Using the Feature Point Method", IEEE Trans., Vol. AC-25, No. 6, pp.1027-1041, (1980)
- 6) Y. W. Choi, "Image Processing for hole position on 2 1/2 Dimensional objects for assembly robot", MS thesis PE., (1985)

(접수:2013.09.05, 수정:2013.10.02, 게재 확정:2013.11.22)