

머신비전을 이용한 물체 분류 및 검사시스템 구현

전 춘기, 이원호, 이 탁, 우영환

생산기술연구원 산업기술교육센터 메카트로닉스과
(02-8603-481, 02-8603-456, ckjeon@ined.ittc.re.kr)

A Study on Implementation of the Object Classification and Inspection System Using Machine Vision

Chun Kee Jeon, Won Ho Lee, Tak Lee, Young Hwan Woo

Department of Mechatronics, Industrial Technology Training Center,
Korea Institute of Industrial Technology
(02-8603-481, 02-8603-456, ckjeon@ined.ittc.re.kr)

Abstract

This paper describes the implementation of the machine vision system and the method of classifying the objects. Its system described in this paper is consisted of robot, conveyer system, warehouse, and machine vision. This system first recognizes the object on conveyer, and then robot moves it to the warehouse. The position of the object on conveyer is always not constant, because it is not easy to extract the feature of its object and classify it into one of several categories. In this paper, to classify or inspect the pattern of the object, we propose the method of template matching using feature vector such as position invariant moment and morphological operation such as opening and closing. And we identified an unregistered object using unsupervised learning method and assigned it to the new pattern. We implemented its system and obtained satisfied results.

I. 서론

영상처리는 영상을 입력으로 받아 처리한 다음 처리 결과를 영상으로 출력하는 것을 일컫는데 반하여 머신비전시스템은 입력을 영상으로 받아서 처리한 다음 처리 결과를 명령 데이터로 출력하는 시스템을 말하는 것으로 물체를 인식하거나 분류, 또는 검사해 주는 자동화 장치에 많이 이용되고 있다.

산업사회가 복잡해지고 기술이 다원화되어 감에 따라 생산 현장에서 생산되는 제품을 검사하는데 있어 육안이나 수동으로 검사하기에는 어려운 경우가 많다. 이러한 경우 CCD 카메라를 이용한 머신비전 시스템은 이러한 문제를 해결할 수 있기 때문에 분류나 검사자동화 분

야에 있어서 이 시스템의 이용은 증가 추세에 있다.

일반적으로 검사나 분류시스템에 사용되는 머신비전 시스템의 처리 절차는 전처리, 특징추출, 그리고 판단해서 분류하거나 검사 또는 인식하는 과정으로 표현할 수 있다. 전처리는 카메라로부터 입력된 영상에서 특징 추출이 가능하도록 미리 처리해 주는 단계로 여기에서는 잡음제거, 경계선 검출, 이치화, 세선화, 히스토그램 균일화 및 변형화 등을 행한다[1]. 특징추출은 전처리가 끝난 영상에서 물체의 특징을 추출하는 과정으로 면적, 원주율, 장축의 길이 등, 물체가 지닌 고유 특징을 추출한다 [1]. 특징이 추출되면 이미 입력된 영상의 특징과 비교하여 어떤 물체인지를 판단하는 분류 및 인식 과정이 진행된다. 입력된 영상의 특징이 새로운 것일 경우는 학습을 통하여 새로운 물체로 등록할 수도 있고 분류나 인식을 포기할 수도 있다. 여기에서 처리가 끝나면 처리 결과를 명령 데이터 형태로 출력하여 로봇이나 액츄에이터를 구동하도록 하는 것이 일반적인 머신비전시스템이다.

II. 특징추출 및 판단

CCD 카메라로부터 입력된 물체를 검사, 분류 또는 인식하기 위해서 이 논문에서 사용된 처리 과정을 그림 1에 나타내었다. 물체가 컨베이어를 타고 어느 위치에 도달하면 카메라로부터 영상을 획득한다. 여기에서 입력된 영상은 카메라 위치가 고정이고 같은 제품에 대해서는 크기는 일정하지만 물체가 컨베이어 상에서 이동되기 때문에 위치는 일정하지가 않다.

먼저 양자화된 입력 영상의 경계선을 검출하기 위해서 입력영상에 대해 히스토그램 균일화와 이진화를 행한다. 여기에서 처리된 영상은 어떤 물체인지를 식별하기 위해서 특징 추출 및 경계선 검출을 행한다.

물체의 크기는 일정하지만 위치는 일정하지 않기 때문

에 어떤 방향으로 놓여 있는지를 검사하여 위치를 보정할 필요가 있다. 이를 해결하기 위해서는 물체의 중심과 기울기 등을 알아야 보정이 가능하다.

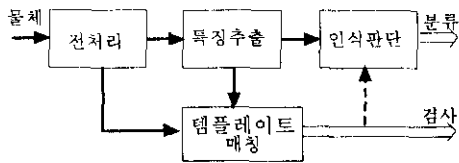


그림 1. 검사 및 분류를 하기 위한 처리 절차
Fig. 1. Procedure of inspecting and classifying the objects.

이 논문에서는 이와 같은 물체의 특징을 추출하기 위해서 물체에 대한 위치불변 모멘트를 이용하였다[2].

영상 함수 $f(x, y)$ 가 있다고 할 때, 이 물체의 모멘트,

$$m_{pq} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} x^p y^q f(x, y) dx dy \quad p, q = 0, 1, 2, \dots, \infty \quad (1)$$

$M \times N$ 크기의 영상에서 각 픽셀의 함수를 $f(i, j)$ 라 하면,

$$m_{pq} = \sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^N i^p j^q f(i, j) \quad (2)$$

이식에서 영역 R 내에 있는 픽셀의 세기가 1이라고 가정하면 이 영상의 p, q th 모멘트는 (3)식으로 주어진다.

$$m_{pq} = \sum_{i,j \in R} i^p j^q \quad (3)$$

여기에서 m_{00} 는 단지 이 영역 내에 있는 총 픽셀 수이고 중심은 m_{10} 과 m_{01} 로 주어진다. 중심 모멘트는 (4)식으로 계산할 수 있다.

$$\mu_{pq} = \sum_{i,j \in R} (i - \bar{i})^p (j - \bar{j})^q \quad (4)$$

여기에서 (3)식을 사용하여

$$\bar{i} = (m_{10}/m_{00}) \quad (5)$$

$$\bar{j} = (m_{01}/m_{00}) \quad (6)$$

이다.

여기에서 구해진 물체의 중심 모멘트를 이용하여 각각의 물체에 대한 불변 모멘트를 구한다.

$$\eta_{pq} = \mu_{pq} / \mu_{00}^{(p+q)/2+1} \quad p+q=2, 3, \dots \quad (7)$$

(7)식을 이용하여 불변 모멘트를 구하면, (8)식과 같이 7개의 불변 모멘트를 구할 수 있다.

물체마다 고유의 불변 모멘트를 구하면 입력되는 물체를 분류할 수 있으나 특징이 비슷하여 불변 모멘트가 설정한 여유 이내에 있을 경우, 그리고 잘못 설계나 생산된 부품을 검사하기 위해서는 보다 더 많은 특징을 구하여 신뢰도를 향상시키든지 아니면 새로운 검사 알고리즘을 이용하여야 한다.

$$\begin{aligned} \phi_1 &= \eta_{20} + \eta_{02} \\ \phi_2 &= (\mu_{20} - \mu_{02})^2 + 4 \mu_{11}^2 \\ \phi_3 &= (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 + (\eta_{03} - 3\eta_{21})^2 \\ \phi_4 &= (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{03} + \eta_{21})^2 \\ \phi_5 &= (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{30} - \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{21})^2 - 3(\eta_{03} + \eta_{21})^2] \\ &\quad + (\eta_{03} - 3\eta_{21})(\eta_{03} - \eta_{21})[(\eta_{03} + \eta_{21})^2 - 3(\eta_{30} + \eta_{12})^2] \\ \phi_6 &= (\eta_{20} - \eta_{02})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{03} + \eta_{21})^2] \\ &\quad + 4\eta_{11}(\eta_{03} + \eta_{21})(\eta_{30} - \eta_{12}) \\ \phi_7 &= (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{03} + \eta_{21})^2] \\ &\quad + (\eta_{30} - 3\eta_{21})(\eta_{03} + \eta_{21})[(\eta_{03} + \eta_{21})^2 - 3(\eta_{30} + \eta_{12})^2] \quad (8) \end{aligned}$$

이 논문에서는 검사 및 분류 장치에 이용할 수 있고 또한 신뢰도를 향상시키기 위해서 불변 모멘트를 이용하여 물체를 식별하고 템플레이트 매칭 기법을 이용하여 검사하는 방법을 사용한다[3].

템플레이트 매칭을 하기 위해서는 먼저 물체가 일정한 위치에 놓여야 하기 때문에 컨베이어 상에서 입력된 영상을 앞에서 추출한 중심 모멘트와 장축의 길이 등의 특징을 이용하여 물체를 일정한 위치에 놓일 수 있도록 회전한다.

또한, 템플레이트 매칭에 이용하기 위해서 기준영상에 대한 정보를 지식베이스에 등록해 놓는다. 마스크 패턴, 즉 기준 영상의 경계선을 검출하는 방법에는 여러 가지가 있지만 이 논문에서는 이치화한 기준 영상을 확장과 축소기법을 이용하여 경계선을 검출한다[4].

물체 X 와 스트리칭링 요소 B 가 2차원의 유클리디언 공간상에 있다고 가정할 때, 이 물체의 원점을 x 에 위치하게 하기 위해서 B 의 이동을 B_x 라 하면 B 에 의한 X 의 확장과 축소, X_d 와 X_e 는 (9)와 (10)식으로 표현할 수 있다.

$$X_d = X \oplus B = \{x : B_x \cap X\} \quad (9)$$

$$X_e = X \ominus B = \{x : B_x \subset X\} \quad (10)$$

(9)와 (10)식을 이용하여 검출된 기준영상의 경계선은 마스크 패턴으로 이용하는데 확장과 축소기법을 이용하여 검출된 경계선을 그림 2에 나타내었다. 그림 2(a)는 히스토그램 균일화된 영상을 나타낸 것이고, 그림 2(b)는 확대된 영상, 그림 2(c)는 축소된 영상을 나타낸 것이다. 그림 2(d)는 확대된 영상과 축소된 영상을 이용하여 검출된 경계선을 보여주고 있다. 그림 2(e)는 히스토그램 균일화된 영상을 이치화한 결과이다. 템플레이트 매칭을 하기 위해서 기준영상과 같은 방향으로 회전된 테스트 영상에 대해 배타적 OR를 취한다. 여기에서 생성된 영상을 마스크 패턴을 이용하여 마스크 시킨다. 결과가 일치하면 관련 정보를 로봇 제어 시스템으로 전달하여 액추에이터를 구동하고, 일치하지 않으면 다른 패턴의 특징 정보와 비교를 하거나 불량 판정 등의 결정을 한다.

이 논문에서는 여러 종류의 물체가 들어오는데 지식

베이스에 저장된 패턴과 전혀 다른 새로운 패턴이 입력 되면 Unsupervisor 학습 방법을 사용하여 새로운 물체에 대한 정보를 지식베이스에 등록하여 다음에 이와 같은 물체가 입력될 때 분류할 수 있도록 하였다.

III. 시스템의 구성

분류 및 인식 대상의 물체가 컨베이어 상에 놓이고 일정한 위치에 오면 센서의 신호에 의해 물체에 대한 영상을 카메라로부터 획득한다. 입력된 영상은 앞에서 언급한 것처럼 전처리를 거쳐 특징을 추출하고 그 특징에 따라 입력된 물체를 인식하게 된다. 인식이 끝나고 이동된 그 물체가 어느 위치에 오면 인식 결과를 명령의 형태로 로봇에게 전달한다. 로봇은 인식 결과에 대한 명령을 입력받아 그 물체를 자동창고의 정해진 위치 내의 빈 공간으로 이동시켜 저장하게 된다. 로봇은 센트로닉스 버스를 이용하여 컨트롤러로부터 물체의 종류, 저장할 물체에 대한 자동창고 팔레트의 위치 등의 데이터를 받아 로봇은 물체를 자동창고의 정해진 위치로 이송한다. 물체가 컨베이어 상에 계속해서 입력되면 이 작업은 자동창고의 빈 공간이 없을 때까지 반복한다.

IV. 결과 및 검토

이 논문에서는 드라이버, 니퍼, 송곳, 룡로즈 등의 공구 및 부품에 대해 지식베이스에 정보를 등록해 놓고 실험을 하였다. 이 논문에서 사용된 공구 및 부품의 일부에 대해 무게중심과 불변모멘트 ϕ_1 과 ϕ_2 를 계산하여 표 1에 나타내었다. 표 1에서 보면 알 수 있듯이 같은 영상의 경우 위치, 크기 등이 변한다 해도 불변 모멘트는 거의 변하지 않는 것을 확인할 수 있었다.

표 1. 실험영상의 무게중심과 불변모멘트

Table 1. Centers of gravity and Invariant moments of test images

실험영상	무게중심	ϕ_1	ϕ_2
드라이버	0.404, 0.531	0.633	0.368
회전된 드라이버	0.416, 0.543	0.6466	0.3496
니퍼	0.523, 0.552	0.5316	0.185
회전된 니퍼	0.498, 0.5347	0.5633	0.15567
룡로즈	0.464, 0.476	0.6178	0.00402
회전된 룡로즈	0.483, 0.551	0.628	0.00252

또한 스페너는 지식베이스에 등록을 하지 않은 상태에서 실험을 하였는데 장축과 불변모멘트 등 특징을 비교한 결과 지식베이스에 등록된 정보와 일치하지 않았고 또한 각각의 마스크 패턴과 일치 여부를 체크하였지만 오차가 너무 크기 때문에 등록된 물체는 아니라 판단하

고 x라 불리는 새로운 물체로 지식베이스에 등록을 하였다.

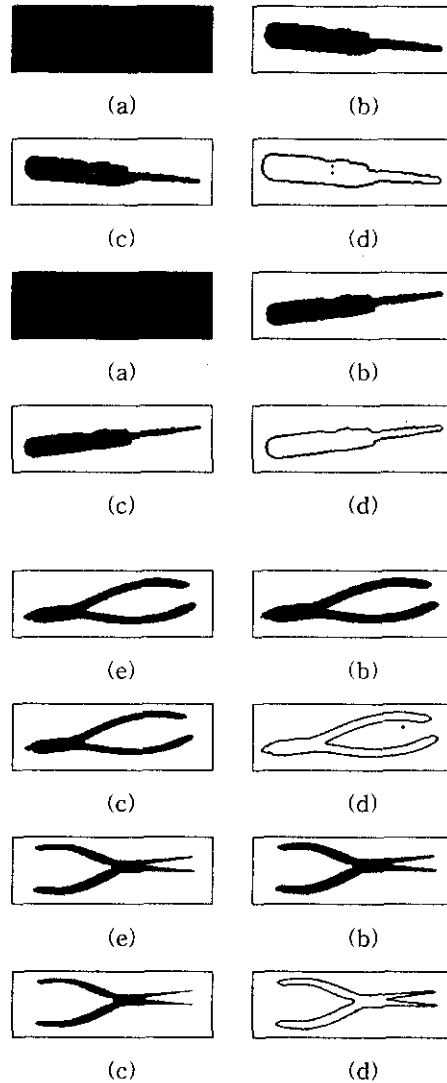


그림 2. 실험에 사용된 영상
(a) 히스토그램 균일화된 영상, (b)확대된 영상,
(c) 축소된 영상, (d) 검출된 경계선, (e)이치화된 영상

Fig. 2. Images used in experiment.
(a) Images processed by histogram equalization, (b) Results processed by dilation operation, (c) Results processed by erosion operation, (d) Detected boundaries, (e) Results processed by binarization operation

이 실험에 사용된 영상처리 보드는 VIP-03 Bar Gold 사의 제품을 사용하였고, 로봇은 미쓰비시 사의 RM501

교육용 로봇을 사용하여 구성하였으며, Borland C 언어를 이용하였고, 컨베이어와 자동창고 및 컨트롤러는 자체 설계하여 사용하였다.

V. 결론

이 논문에서는 머신비전시스템을 이용하여 어떤 물체를 검사하거나 분류하는 장치를 간이로 모델링하고 이를 실험을 통하여 입증한 결과를 기술하였다. 같은 물체가 회전하거나 크기가 변하더라도 이를 인식할 수 있도록 하기 위해서 불변 모멘트를 특징으로 이용하였고 템플레이트 매칭 방법을 사용하여 물체가 정확히 일치하는지 실험을 통하여 확인하였다. 또한, 이 논문에서는 인식 결과를 자동으로 처리하게 하기 위해서 로봇, 간이 자동창고, 반송시스템 등을 설계하여 실험에 이용하였다.

지식베이스에 등록되지 않은 새로운 물체가 입력되면 Unsupervisor 학습 방법을 통하여 지식베이스에 새로운 이름으로 등록하고 자동창고의 한 부분에 저장하는 시스템을 구축하였는데 만족할 만한 결과를 얻었다.

이번 실험에서는 입력 영상의 이진 데이터, 즉 면적이 실험할 때마다 약간의 오차가 있어 물체의 특징을 추출하는데 오차 요인이 되었지만 이는 조명에 대한 처리가 미비했기 때문으로 이 부분을 좀더 보완한다면 더 좋은 결과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

이번에 제작 구현한 이 시스템은 로봇 등 사용된 장비의 처리 속도가 늦어 빠른 검사나 분류는 할 수 없었지만 이런 부분이 보강된 장비를 사용한다면 검사나 분류 자동화 시스템을 구현하는데 있어 이번에 구현한 이 모델의 활용이 가능할 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] A. K. Jain, "Fundamentals of Digital Image Processing", Prentice-Hall International Inc, 1989.
- [2] W. K. Pratt, "Digital Image Processing", John Wiley & Sons Inc. 1991.
- [3] R. J. Schalkoff, "Digital Image Processing and Computer Vision", John Wiley & Sons Inc, 1989.
- [4] M. Sonka, V. Hlavac, and R. Boyle, "Image Processing, Analysis and Machine Vision", Chapman&Hall, 1995