

# 경계선추적과 상관계수법을 이용한 부품의 형상인식과 소프트웨어개발 Shape Recognition of Parts and Software Development by using Border Tracking and Cross Correlatioin Method

유 송 민, 김 윤 범 (경희대학교 기계공학과)

Song Min Yoo, Yoon Beom Kim

(Kyung Hee Univ. Dept. of Mechanical Engineering)

## ABSTRACT

Image processing was used to recognize parts at various disposition. Non-transparent tachometer panel for automobile and semi-transparent panel have been used as test specimen. Laplacian filter and various threshold values have been applied for preprocessing and edge following algorithm has been applied. Series of length data between edges have been generated from each image and compared using cross correlation coefficient. The result using both edge following and cross correlation coefficient was proven to be the best fit for the proposed parts.

## 1. 서 론

화상처리 시스템은 시각정보를 이용하는 특성상 다양한 분야와 방법으로 응용이 가능하나 조명,배경 등의 영향에 매우 민감하므로 상황에 따른 유연한 적용방법이 모색되어야 한다. 현재 화상처리의 연구방향은 흑백에서 칼라화상으로, 2차원 화상에서 3차원 화상으로, 정지화상에서 동화상 처리로 옮겨가고 있는 추세이다. 하지만 아직까지 대부분의 산업현장에서는 2차원 흑백화상처리가 비용과 구현의 용이성 면에서 유리하므로 이에 대한 연구도 계속되어야 한다.

본 연구에서는 2차원 흑백화상을 기반으로, 가공물을 식별함에 있어서 화면상에서의 물체의 회전(rotation)과 이동(translation)에 영향을 받지

않는 부품인식을 시도하였고 이와 병행하여 이를 수행하기 위한, 화상처리과 부품비교를 통합시킨 소프트웨어를 개발하였다.

## 2. 디지털화상 및 신호처리

2차원 화상을 전제로 할 때, 2개의 좌표축 x, y축에서 농도값을 연속적으로 표현한 화상을 아날로그 화상이라고 하며, x, y축을 바둑판처럼 이산화하고 농도 값도 이산적으로 표시한 화상을 디지털 화상이라고 한다.<sup>(1)</sup> 디지털 화상은 행렬로 표현할 수 있으며 이때 행렬의 각 원소는 화상에서 각 화소(pixel)의 농도를 나타낸다.<sup>(1),(2)</sup> 본 연구에서 CCD 카메라를 통해 입력된 화상은 0~255까지의 계조도(grey level)를 갖는 흑백화상으로, 각 화소의 농도는 명도값을 나타낸다.

### 2.1 윤곽선 검출

대부분의 화상처리에서 원화상(original image)은 물체와 배경이 확실히 구분되지 않고 noise가 많기 때문에, 전처리(preprocessing)과정을 거치게 된다.<sup>(3)</sup> 본 논문에서는 임계치처리(thresholding)와 Laplacian filter를 사용하여 에지(edge)를 부각시킨 후에 edge following algorithm으로 윤곽선을 연결하였다.

#### 2.1.1 임계치처리 (Thresholding)

임계치처리에서는 화소의 명도값이 임계치(threshold)를 넘는 경우에는 원래 값을 유지하고 임계치보다 작으면 0의 값을 갖도록 하였다.

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

$\theta$  : Threshold

이때  $f(x,y)$ 는  $x,y$ 에 해당하는 좌표의 명도값을 의미한다.

### 2.1.2 Laplacian filter

Laplacian filter는 2차 미분을 이용한 필터로서 명암 값이 급격히 변하는 부분을 추출하며, 이 점들을 에지라 한다. 2차원 공간에서의 Laplacian은 다음의 식으로 나타낼 수 있다.<sup>(2),(4)</sup>

$$\nabla^2 f(x, y) = \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2} \quad (2)$$

디지털화상의 특성상 결과적으로 차분이 되며, 실제 적용시에는 원 화상에 다음의 마스크(mask)를 적용시킴으로써 구현된다.<sup>(2),(4)</sup>

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

Fig 1 Laplacian filter

### 2.1.3 Edge following

에지는 단순히 명암 값이 급격히 변하는 점이므로 물체의 외곽선 외에 다른 점들도 에지로 잡힐 수 있다. 그러므로 edge following을 적용함으로써 외곽선만을 가려내야 한다. edge following algorithm으로는 종전에 쓰이던 방법<sup>(5)</sup>으로는 외곽선을 끝까지 추적하는데 실패하여 새로운 방법을 개발하였다. 기본개념은 에지로 인정하는 임계치이상의 점만을 추적하되, 현재의 진행방향을 최대한 유지하는 것이다.

-1	0	1
→	C	1
-1	0	1

0	1	2
-1	C	1
↙	-1	0

Fig 2 edge following algorithm

그림에서 가운데 화소는 현재의 에지, 음영처리된 화소는 직전 에지를 나타내며, 에지의 진행방향은 현재에지를 중심으로 수평 혹은 수직방향으로 진행된 경우와 사선방향으로 진행된 경우의 2가지로 분류할 수 있다. 좌표계산에 의해 현재에지와 직전에지를 제외한 7개의 주변 화소들에 Fig 2와 같은 숫자가 부여되며, 이들 중에서 임계치를 넘는 명도값을 갖는 화소가 2개 이상 있을 경우 가장 큰 수를 갖는 화소가 우선순위를 갖게 된다.

### 2.2. 상관계수 (Cross Correlation Coefficient)

상관계수법은 통계처리에 쓰이는 방법으로 상관계수는 두 변수 간의 상관관계의 방향과 정도를 나타낸다. 상관계수는 -1에서 1까지의 범위를 가지며, 1에 가까울수록 두 변수간의 상관관계가 높음, 0이면 서로 독립, 부호가 -이면 음의 상관관계를 갖음을 의미한다.<sup>(6)</sup> 두 변수 X,Y간의 상관계수는 다음 식으로 계산된다.<sup>(7)</sup>

$$\rho(X, Y) = \frac{Cov(X, Y)}{\sqrt{Var(X)}\sqrt{Var(Y)}} \quad (3)$$

여기서 Cov(X,Y) : X,Y의 공분산

Var(X) : X의 분산

Var(Y) : Y의 분산

## 3. 실험방법 및 고찰

### 3.1 실험장치구성

입력부 : CCD 카메라 (BW-270ED)

처리부 : 영상처리보드 (DT2867-LC)

PC (Pentium-133Mhz)

출력부 : PC용 모니터

CCD 카메라로 찍은 화상은 영상처리보드 (Image grabber)에 의해 640×480크기의 자료파일형태로 저장되며, PC에서 이를 아스키(ASCII)형태로 변환·처리하여 결과를 PC용 모니터에 출력한다.

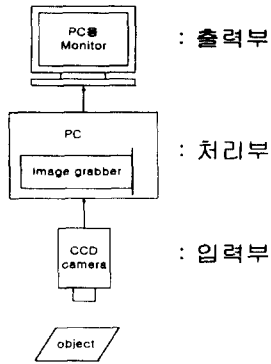


Fig 3 실험장치 구성도

본 실험에서는 자동차 대쉬보드에 쓰이는 타코미터용 검정색 패널(불투명패널)과 이와 유사한 모양의 반투명 패널(투명패널)을 대상으로 화상을 취득하였다.

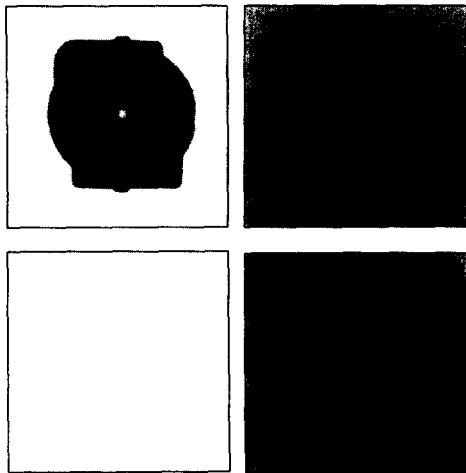


Fig 4 불투명판, 투명판의 원 화상 및 edge following 후 화상

### 3.2 실험 및 자료처리 방법

#### 3.2.1 제 1 방법

Edge following 기법을 쓰지 않고 화상의 각 row마다 1차 미분에 의해 물체의 좌우에지를 추출하여 그 사이의 거리를 구하면 한 화상당 480개의 길이로써 그 물체의 형상을 나타낼 수 있다. 시간이 단축되나, noise의 영향을 많이 받는다.

#### 3.3.2 제 2 방법

화상을 읽어들이는 때 임계함수처리를 함으로써 길이형상에서의 noise를 줄였다.

#### 3.3.3 제 3 방법

임계함수처리와 Laplacian filter의 전처리과정을 모두 거친 후에 edge following 기법을 써서 에지를 추출했다. 방법 1,2에 비해서 시간은 더 걸리지만 noise가 거의 없는 물체의 길이형상을 얻을 수 있다.

#### 3.3.4 제 4 방법

전처리과정과 edge following으로 에지를 추출하여 이로부터 물체의 도심좌표를 구한 후, 도심으로부터 1도간격으로 360도를 돌려가면서 에지와와의 거리를 구하면 각 화상당 360개의 길이로써 물체의 모양을 나타내게 된다.

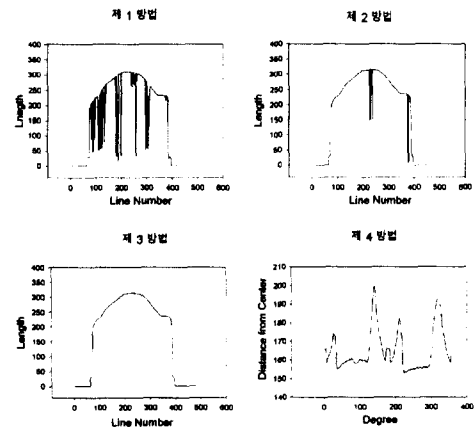
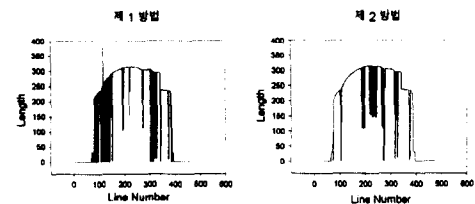


Fig 5 방법 1,2,3,4에 의한 불투명판의 길이형상 비교도



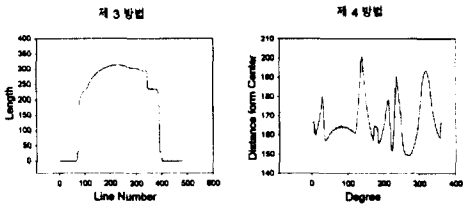


Fig 6 방법 1,2,3,4에 의한 투명판의 길이형상 비교도

3.3 실험결과 및 고찰  
3.3.1 이동

물체를 화면의 중앙, 상, 하, 좌, 우에 위치시킨 화상에서 1,2,3,4의 방법으로 길이 형상을 만든 후 위치에 따른 상관계수의 변화를 관찰하였다. 5군데의 위치에 대해서 동일한 부품 간에는 10개, 서로 다른 부품 간에는 25개의 조합이 가능하다. 부품의 위치에 따라 길이형상중에서 유효한 길이의 분포위치가 틀리므로, 단순비교하기 보다는 이를 이동(shift)시키면서 상관계수의 최대치를 찾아야 한다.

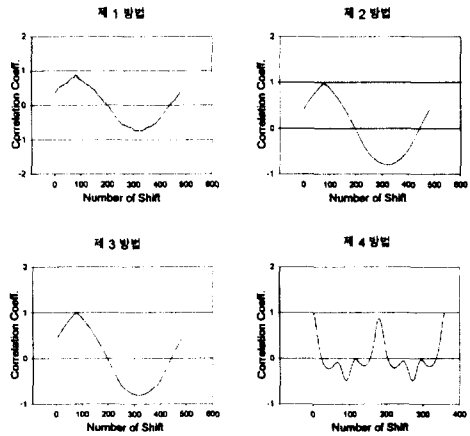


Fig 7 방법 1,2,3,4에 의한 상관계수 변화의 비교도 (불투명판 중앙-불투명판 하단)

Fig 7에서 자료이동횟수에 따른 상관계수의 변화와, 상관계수가 특정위치에서 최대 값을 갖는 것을 볼 수 있다. 위와 같은 과정을 거쳐 각각의 방법과 조합에서의 상관계수의 최대 값을 구했다.

Fig 8에서 각각의 그래프의 첫 번째 data군은 불투명판과 불투명판(o-o), 두 번째 data군은 투명판과 투명판(t-t), 세 번째 data군은 불투명판과 투명판(o-t)의 조합이다.

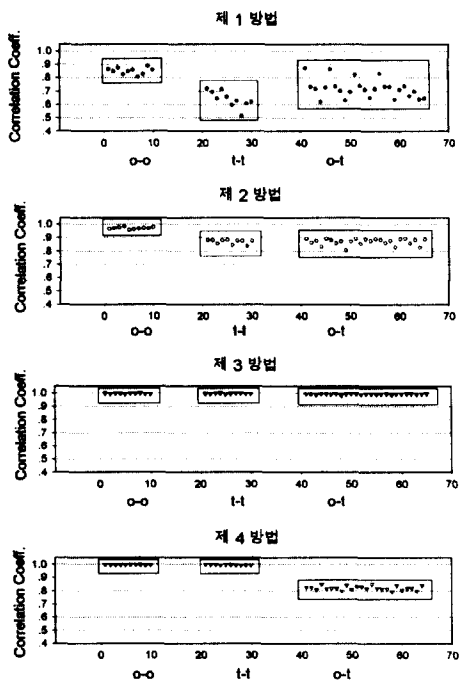


Fig 8 각각의 방법과 조합에 따른 상관계수

Fig 8에서 알 수 있듯이 1, 2, 3, 4방법 모두 불투명판끼리의 상관계수는 양호하게 나타나지만 투명판끼리의 상관계수와 불투명판-투명판 조합의 상관계수는 방법에 따른 많은 차이를 보인다. 제1방법에서는 투명판끼리의 상관계수보다 불투명판-투명판의 상관계수가 오히려 높은 모양을 보여주고 있으며, 제2방법에서는 투명판끼리의 상관계수가 향상되었으나, 불투명판-투명판끼리의 상관계수도 같이 향상되어버렸다. 방법3에서는 투명판끼리의 조합이 투명판-불투명판의 조합보다 높은 경향을 보이기는 하지만 뚜렷이 경계가 되는 선이 없고, 모두 너무 높은 수치를 보여서 다른 종류가 구별이 된다고 보기 어렵다. 방법4에서는 같은 종류끼리는 모두 0.99이상의 높은 상관계수를 보이고, 다른 종류에서는 모두 0.85이하의 수치를 보임으로써, 부품의 형상이 구

분이 된다고 볼 수 있다. 다른 종류에서도 아주 낮은 수치를 보이지 않는 이유는 두 물체의 형상이 매우 유사하기 때문이다.

### 3.3.2 회전

제4방법의 경우 그 특성상 물체의 이동(translation)에 관계없이 동일한 길이형상이 생성되므로 이동에 영향을 받지 않는 인식이 자연적으로 가능하며, 자료의 이동으로써 회전(rotation)의 영향도 극복할 수 있다. 이를 확인하기 위해 두 물체를 각각 중앙에서 0, 30, 45, 60, 90, 120, 135, 150, 180, 210, 225, 240, 270, 315, 330도, 상단과 좌단에서 45, 90, 135, 180, 225, 270, 315도, 하단과 우단에서는 0도의 각도만큼 돌려서 화상을 취득하여 이로부터 방법 4로 물체의 인식을 시도해 본 결과 fig9과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

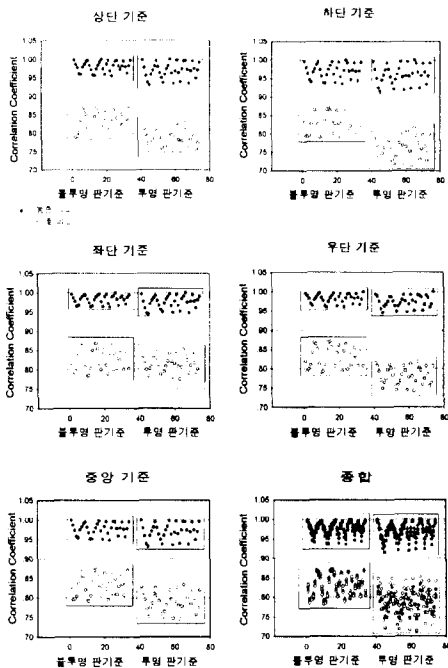


Fig 9 각각의 위치를 기준으로 회전,

이동의 효과를 준 경우의 상관계수

5군데의 위치에서 0도의 화상을 기준으로 하여 회전된 화상과 이동, 회전된 부품의 화상들을 비교하였다. 그림에서 알 수 있듯이 어느 각도나 위치에서건 동종끼리는 0.9이상의 상관계수를 보

이고 이종끼리는 0.9이하의 상관계수를 보임으로써 0.9를 기준으로 부품의 종류를 판별할 수 있다.

## 4. 소프트웨어개발

영상처리보드는 제조사마다 다른 형식으로 화상을 저장하며, 이를 아스키형태로 바꾸어야 처리할 수 있다. 실험에 쓰인 영상처리보드는 일련의 서두부(header)와 문자형태로 화상을 저장하며 이를 비주얼베이직을 이용해서 아스키형태로 변환한 후 필요한 각종의 처리가 가능하도록 하였다.

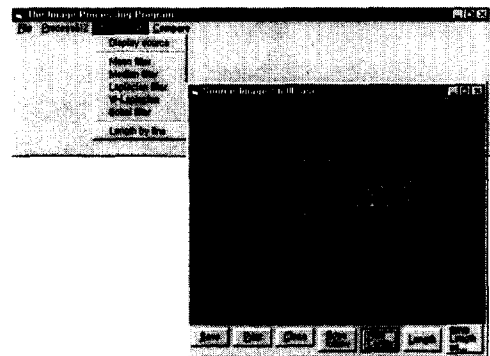


Fig 10 화상처리 소프트웨어의 초기화면과 화상처리 중인 윈도우

또한 자료의 이동에 따른 상관계수의 최대값을 산출하는 기능을 첨가하여 한 소프트웨어 내에서 화상처리와 부품인식 모두가 가능하도록 하였다.

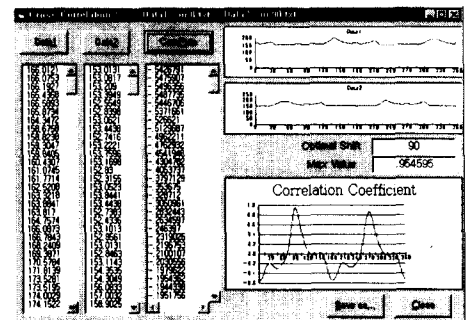


Fig 11 소프트웨어 내에서의 상관계수 계산

본 소프트웨어의 개발의 이점은 자료의 변환부분의 수정만으로 영상보드의 제조사에 따른 파일형태의 차이에 상관없이 화상처리를 할 수 있으며, 화상처리방법의 추가도 간단하여 목적에 따른 유연한 적용과 교육에의 활용도 가능하다.

### 5. 결론

본 연구에서는 화상처리를 이용하여 물체의 회전과 이동에 영향을 받지 않는 부품의 형상인식을 시도하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) 화상의 각 줄마다 에지와 길이를 구하여 인식을 시도한 방법은 시간과 단순성의 이득은 있으나 불투명판만 만족스러운 결과를 보였고, 물체의 이동에는 영향을 받지 않을 수 있으나 회전에 대해서는 한계가 있었다.
- (2) Edge following으로 얻은 윤곽선에서 도심과의 길이profile을 data로 택함으로써 물체의 회전,이동에 구애받지 않는 인식이 가능하였으며, 동종끼리는 0.9이상 이종끼리는 0.9이하의 상관계수를 보였다.
- (3) 상관계수를 비교방법으로 채택하여 부품의 형상인식에 응용할 수 있음을 알 수 있었고, 자료의 이동을 검함으로써 형상인식에서의 자유도를 고정→이동, 이동→회전으로 한 단계씩 높이는 것이 가능하였다.
- (4) 이종끼리도 형상이 비슷할 경우 상관계수가 일정한 수치대(본 연구에서는 0.7~0.9) 나타내는 것을 볼 때, 이를 이용하여 3종이상의 부품인식도 가능하리라 예측할 수 있다.
- (5) 윈도우환경에서의 화상처리소프트웨어의 개발로 화상처리를 더욱 손쉽게 할 수 있었으며, 초보적인 화상처리교육에의 활용도 기대할 수 있다.

### 6. 참고문헌

1. 이 문호, "퍼스컴을 이용한 화상처리", 技多利 1992
2. Ramesh Jane · Rangachar Kasturi · Brian G. Schunck, "Machine Vision", McGraw-Hill, Inc 1995

3. 이 양범 · 강 경일 · 이 용중 공편, "화상처리 응용기술", 技文社 1996
4. Willam K. Pratt, "Digital Image Processing", John Wiley & Sons, Inc 1991
5. Ioannis Pitas, "Digital Image Processing Algorithm", Prentice Hall 1993
6. 윤 기중, "통계학", 法文社 1985
7. Paul G. Hoel · Sidney C. Port · Charles J. Stone, "Introduction to Probability Theory", Houghton Mifflin Company 1971
8. 이 영제, "화상처리를 이용한 가공물의 형상 인식", 경희대학교 석사학위논문, 1994
9. 이 상준, "신경망 및 화상처리를 이용한 가공물의 형상인식과 공정감시", 경희대학교 석사학위논문, 1995