

소형 다품종 파이프의 실시간 성형불량 검사 시스템에 관한 연구

김형석*, 이희명*, 이병룡#, 양순용**, 안경관**

A Study on the Forming Failure Inspection of Small and Multi Pipes

Hyoung Seog Kim*, Hee Myung Lee*, Byung Ryong Lee#, Soon Yong Yang**, Kyoung Kwan Ahn**

ABSTRACT

Recently, there has been an increasing demand for computer-vision based inspection and/or measurement system as a part of factory automation equipment. Existing manual inspection method can inspect only specific samples and has low measuring accuracy as well as it increases working time. Thus, in order to improve the objectivity and reproducibility, computer-aided analysis method is needed.

In this paper, front and side profile inspection and/or data transfer system are developed using computer-vision during the inspection process on three kinds of pipes coming from a forming line. Straight line and circle are extracted from profiles obtained from vision using Laplace operator. To reduce inspection time, Hough Transform is used with clustering method for straight line detection and the center points and diameters of inner and outer circle are found to determine eccentricity and whether good or bad. Also, an inspection system has been built that each pipe's data and images of good/bad test are stored as files and transferred to the server so that the center can manage them.

Key Words : Hough Transform(허프변환), Pipe fault inspection(파이프성형불량검사), Data transform(데이터전송), Computer Vision(컴퓨터비전)

1. 서론

공장자동화의 일부로 Computer Vision System 은 인간의 시각을 대신하여 거의 모든 산업분야에서 위치보정, 품질검사, 분류 및 인식등의 용도로 많이 적용될 수 있다.^{1,2}

최근의 부품제작에 관련된 공장 자동화 기술은 급속한 발전을 했으나 제품의 최종 생산 단계

인 검사 부분은 아직도 미흡한 점이 많다. 생산된 제품의 일부만을 검사하는 샘플 검사나 사람의 손으로 제품의 전량을 검사하는 전수 검사와 같은 인간의 육안 검사에 의존하는 실정이다. 기존의 육안 검사는 작업자의 눈의 피로 가중, 집중력 저하, 작업자에 따른 판정기준 상이, 작업자의 숙련도와 컨디션에 따른 품질의 균일성 상실, 검사 결과의 빠른 피드백 불가, 인건비 상승 등의 많은

... 접수일: 2004년 2월 3일; 게재승인일: 2004년 8월 13일

* 울산대학교 기계·자동차공학과

울산대학교 기계·자동차공학부

E-mail brlee@mail.ulsan.ac.kr Tel. (052)·259-2861

** 울산대학교 기계·자동차공학부

문제점이 제기된다. 따라서 기업의 효율을 높일 수 있는 공장 자동화를 달성하기 위해서는 시각 검사 시스템 (Vision Inspection System)의 개발이 필요하다. 1980 년 중반부터 연구되어진 카메라를 이용한 비전 검사 시스템(Vision Inspection System)은 제품의 외관 검사에 적합하고, 고속 영상 획득으로 실시간 검사의 실현이 가능하고, 여타 장비에 비해 저렴하며, 구현이 비교적 간단하다는 많은 장점을 가지고 있다.^{3,4} E. Persoon⁵은 IC chip 검사에 관한 연구를 하였고 Toshiyuki 외 3명⁶은 패턴 매칭(Pattern Matching)을 통한 Book Sorting System의 알고리즘을 개발하였으며 허경무외 1명⁷은 ALC 블록의 불량검사 자동화 시스템을 개발을 통해 측정단위가 0.01cm로서 0.05cm의 측정단위 한계를 갖는 수동검사에 비해 상당히 향상된 것을 보여주었다. 이와 같이 CCD 카메라를 이용한 검사 시스템은 특정한 형상을 찾아 내기 위해 윤곽선을 이용하여 특징을 검출해야 한다. 이러한 특징을 검출하는 방법 중 허프 변환 (Hough Transform)은 기본적으로 분석적 정의를 할 수 있는 모양(선, 원, 타원 등)을 영상 내부에서 검출하기 위해 개발 되었으며 잡음 예도 강한 특성을 가지고 있다.^{8,9} 그러나 정확한 분할을 위해서는 찾고자 하는 형상에 대한 사전 정보가 필요하고 대용량의 메모리가 요구되는 단점이 있다.¹⁰

본 연구에서는 자동차용 오일 파이프의 검사 공정에 컴퓨터 비전을 이용하여 성형기에서 성형을 마친 파이프의 양 끝 단 형상을 검사하여 불량과 양품을 선별하는 시스템을 구축하였다. 제품의 측면 영상을 허프 변환을 이용해서 직선 성분을 검출하여 파이프의 각도와 편심량, 직경을 찾아 불량 여부를 판단하고, 제품의 정면 영상은 직선 탐색법(Line - Scanning Method)을 이용하여 내·외경의 중심좌표와 직경을 검출하여 불량 여부를 판단하였다. 제품은 $\phi 10$, $\phi 8$, $\phi 6.35$ 의 직경을 가진 3 가지 크기의 파이프이며 또 다시 $\phi 6.35$ 파이프는 이중 사두 성형과 압입 사두 성형의 두 가지 형상을 가진다. 검사 시스템은 우선 파이프의 직경을 찾아내고 직경과 형상에 알맞은 불량 판단 알고리즘으로 불량과 양품을 판단하게 된다. 불량과 양품이 판단이 되면 불량 파이프일 경우 그 영상을 그림 파일로 저장을 하게 되고 내경과 외경, 각도, 편심량과 같은 데이터는 텍스트파일로 저장하게 되며 두 가지의 파일은 서버 컴퓨터에 전송

하게 되며 양품일 경우 데이터가 저장된 텍스트 파일만 서버 컴퓨터에 전송하여 모든 데이터를 관리자가 일괄 처리할 수 있게 시스템을 구축하였다.

2. 파이프 성형 불량 검사 알고리즘

Pipe의 측면과 정면 검사 알고리즘에 대해 알아보기 전에 전체 시스템의 흐름을 이해하고 Pipe의 측면과 정면을 검사하는데 쓰여진 자세한 알고리즘에 대해 알아보기로 한다.

컴퓨터 비전을 이용한 Pipe 검사 시스템의 전체 Flowchart는 Fig. 1에서 보는 바와 같다. 또한, Flowchart 내부의 검사 알고리즘(Inspection Algorithm)의 개략도는 Fig. 2와 같다.

측면 검사 알고리즘은 허프 변환을 이용하여 직선을 검출하고 이를 통해 파이프의 각도를 찾아내고 편심량과 최대 직경을 추출하였다. 정면 검사 알고리즘은 직선 탐색법(Line Scanning Method)을 이용하여 중심점과 외경, 내경을 구하였다.

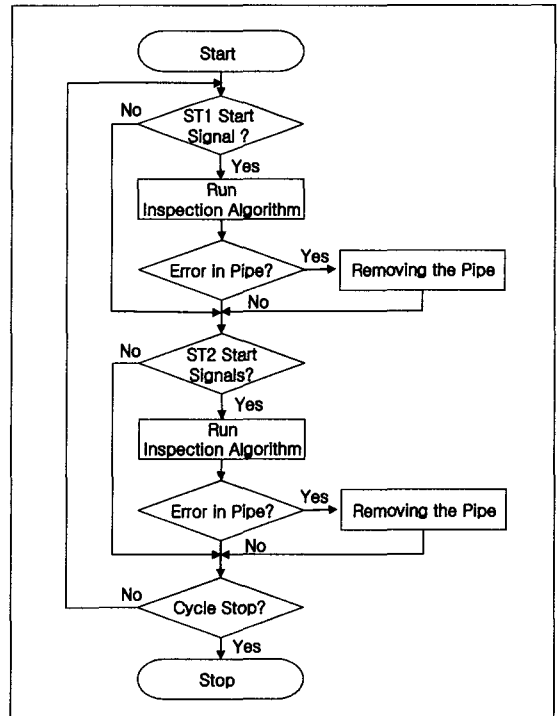


Fig. 1 Flowchart of vision inspection system

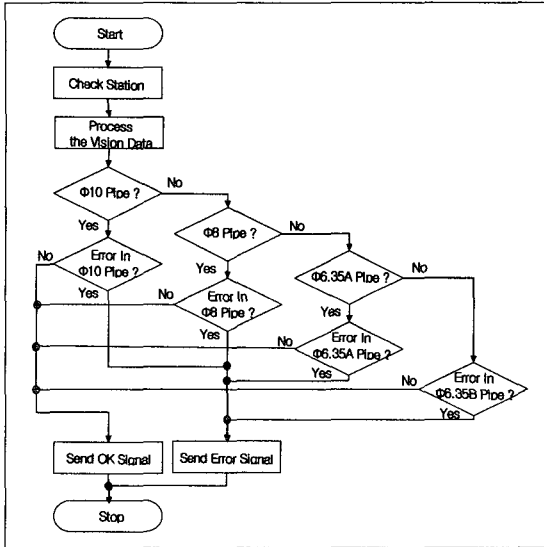


Fig. 2 Flowchart of inspection algorithm

2.1 파이프 측면 검사 알고리즘

직선 $y = ax + b$ 에서 기울기 값 a 와 y 축의 절편 값 b 의 범위가 $-\infty < a < \infty$, $-\infty < b < \infty$ 이므로 a, b 의 범위가 크기 때문에 많은 메모리량이 필요하고 파라미터 공간 상에 표현이 되지않는다. 따라서 직선을 표현하는 식 $y = ax + b$ 을 $\rho = x \cos \theta + y \sin \theta$ 로 표현하였다. 따라서 ρ, θ 의 범위를 $-N\sqrt{2} \leq \rho \leq N\sqrt{2}$, $-\pi \leq \theta \leq \pi$ 로 파라미터를 제한 할 수 있다. 파라미터 공간이 제한되어 있으므로 메모리량과 계산량을 효과적으로 감소 시킬 수 있다. 그러나 검사 시스템의 검사 소요 시간 단축을 위하여 계산량을 좀 더 줄일 수 있는 방법을 강구하여야 한다. 따라서 파라미터 공간에서 어느 정도의 공간을 확보한 영역에서 점이 모이는 곳을 찾는 클러스터링(Clustering)을 이용하였다. 국소적인 점 집합으로부터 직선 방정식을 구하면 허프 변환의 노이즈로 인해 어느 정도의 분포를 가지고 있다. 이를 가우스 함수를 이용하여 근사하고 그 중심은 클러스터에 속하는 점의 평균으로서 계산하였다.

본 연구에서 검사 제품 파이프의 측면에서 측정할 내용은 파이프의 종류를 확인하는 직경과 사두 성형 부분의 최대직경, 사두 성형 부분의 기울기, 파이프의 중심과의 편심량등이다. 우선 파이프의 직경을 찾기 위하여 Fig. 3 과 같은 직선 탐색법(Line Scanning)을 이용하였다.

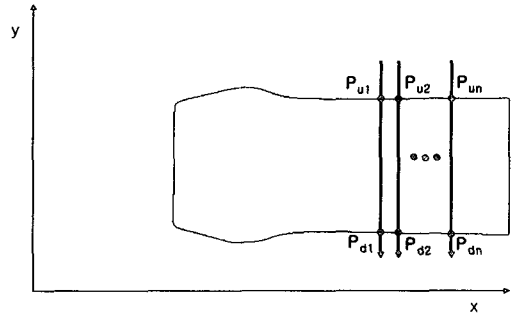


Fig. 3 Line-scanning method for finding pipe diameter

$$D_{average} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_{ui} - P_{di}) \quad (1)$$

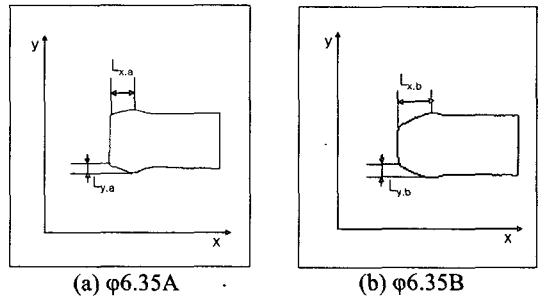


Fig. 4 The difference between φ6.35A pipe and φ6.35B pipe

단, Fig. 4 처럼 φ6.35 인 파이프일 경우 이중 사두 성형과 압입 사두 성형을 분리하여 검사하여야 하는데 성형부의 길이와 내경과 최대 직경의 차가 다르다는 것을 이용하였다. $L_{y,a}$ 와 $L_{y,b}$ 를 비교하여 1.00mm 이상이고 $L_{x,a}$ 와 $L_{x,b}$ 를 비교하여 1.60mm 이상이면 압입 사두 성형 Pipe 로 판단하여 불량 범위를 적용하였다. 또한, 파이프가 이루는 각도의 검출은 Fig. 5 와 같이 클러스터링기법을 적용한 허프변환을 이용한 방법을 보여 주고 있다. 구해야 하는 직선의 기울기가 $\pm 28^\circ$ 인 것을 알고 있으므로 기울기의 범위를 $+26^\circ$ 에서 $+31^\circ$ 까지 0.5° 간격으로 10 개, -26° 에서 -31° 까지 0.5° 간격으로 10 개를 구하여 20 개로 파라미터 공간을 한정 지어 처리 하였다.

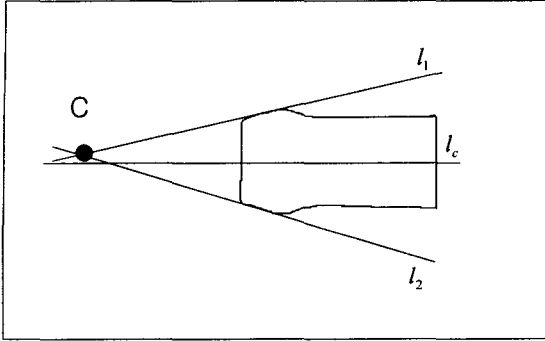


Fig. 5 Example of line detection

직선 l_1 과 직선 l_2 는 파이프의 성형부분의 기울기 값을 가지고 있는 직선들이고, 직선 l_c 는 파이프의 중심을 지나는 직선을 나타낸 것이다. 직선 l_1 과 직선 l_2 의 교점 C 를 (x_c, y_c) 라 하고 직선 l_c 를 $ax + \beta y + \gamma = 0$ 로 정의 한다면 교점 C 와 직선 l_c 가 떨어진 거리가 편심량(e)이 되며 식 (2)로 표현 된다.

$$e = \frac{|\alpha x_c + \beta y_c + \gamma|}{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}} \quad (2)$$

식 (2)는 다음과 같이 근사 식으로 표현할 수 있다.

$$y = \frac{-\alpha x - \gamma}{\beta} = y_v \quad (3)$$

$$e = |y_c - y_v|$$

y_c 는 교점 C 의 y 좌표이며 y_v 는 직선 l_c 의 y 값이다.

파이프의 최대 직경을 구하기 위해서 y 방향으로 최대 길이를 구하고 최대 길이의 x 좌표값에서 좌측으로 2 Pixel, 우측으로 2 Pixel 되는 지점에서 길이를 다시 구한 후 최대 길이와 평균계산 하였다. 실제 파이프를 10 배 배율로 측정된 영상이므로 2 Pixel 씩 차이를 두어 계산하는 것은 실제 파이프 최대 직경을 구하는데 노이즈에 대한 신뢰성을 높일 수 있다. Fig. 6 은 파이프의 최대 직경을 구하기 위한 직선 탐색법을 보여 주고 있으며 식 (4)로 표현 할 수 있다.

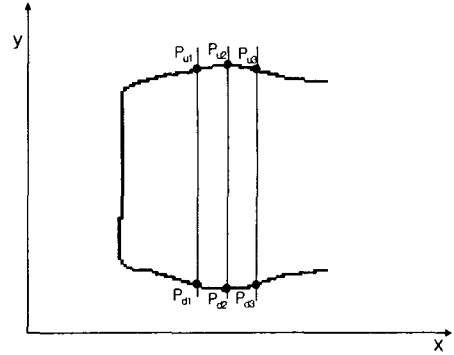


Fig. 6 Find diameter in side image

$$D_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_{ui} - P_{di}) \quad (4)$$

2.2 파이프 정면 검사 알고리즘

허프 변환과 같은 함수를 사용하는 방법은 계산 효율성과 실제 영상에서의 조명에 의한 노이즈 때문에 정확한 원검출이 어렵다. 본 연구에서는 파이프 정면 검사 알고리즘으로 직선 탐색법을 제안한다.

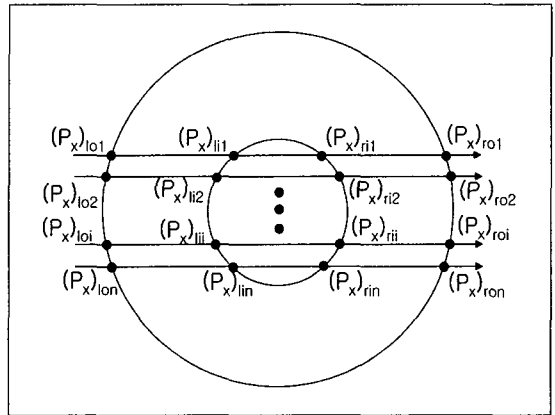


Fig. 7 Line scanning method of front view

윤곽선을 추출한 영상에서 x 방향으로 한 라인씩 검색을 하여 원의 중심 x 좌표를 구하고 y 방향으로 한 라인씩 검색하여 원의 중심 y 좌표를 구하였다. Fig. 7 은 x 방향으로 검색하여 원의 중심 x 좌표를 구하는 방법을 보여준다. 원의 중심은

정확도를 높이기 위하여 평균값을 취하였고 반지름은 노이즈를 피하기 위하여 x 방향 반지름과 y 방향 반지름 중 선택하여 취하였다.

$$X_{center} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[\frac{(P_x)_{loi} + (P_x)_{roi}}{2} \right] \quad (5)$$

$$x_{center} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[\frac{(P_x)_{lii} + (P_x)_{rii}}{2} \right] \quad (6)$$

$$Y_{center} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[\frac{(P_y)_{uoi} + (P_y)_{boi}}{2} \right] \quad (7)$$

$$y_{center} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[\frac{(P_y)_{uii} + (P_y)_{bii}}{2} \right] \quad (8)$$

식(5)에서 식(8)는 내경과 외경의 중심 좌표를 직선 탐색법으로 구하는 식이다. 다음 식은 원의 중심좌표를 이용하여 내경과 외경의 편심량 δ_x , δ_y 와 반지름 R_{xo} , R_{xi} , R_{yo} , R_{yi} 을 구하는 방법을 표현한 것이다.

$$\delta_x = |X_{center} - x_{center}| \quad (9)$$

$$\delta_y = |Y_{center} - y_{center}| \quad (10)$$

$$R_{xo} = \max \left\{ (X_{center} - (P_x)_{lon}), ((P_x)_{ron} - X_{center}) \right\} \quad (11)$$

$n = 1, \dots, 100$

$$R_{yo} = \max \left\{ (Y_{center} - (P_y)_{uon}), ((P_y)_{bon} - Y_{center}) \right\} \quad (12)$$

$n = 1, \dots, 100$

$$R_{xi} = \max \left\{ (x_{center} - (P_x)_{lin}), ((P_x)_{rin} - x_{center}) \right\} \quad (13)$$

$n = 1, \dots, 100$

$$R_{yi} = \max \left\{ (y_{center} - (P_y)_{uin}), ((P_y)_{bin} - y_{center}) \right\} \quad (14)$$

$n = 1, \dots, 100$

파이프가 성형 불량일 생겨서 x 축 방향 반지름이 줄어 든다면 y 축 방향 반지름은 늘어난다고 가정한다. 우선 원의 중심에서 좌·우측 반지름 중 큰 것을 취하였고 x 방향 3 개의 반지름 평균

과 y 방향 3 개의 반지름 평균 중에서 작은 것을 취하였다. x 축 방향으로 노이즈가 발생하여 반지름이 양품 보다 증가했다면 y 축 방향 반지름을 택하고 그와 반대일 경우는 x 축 방향의 반지름이 택하여 지고 불량으로 인해 x 축 방향 반지름이 증가 했을 경우 y 축 방향의 반지름이 택하여 진다. 그러나, y 축 방향 반지름은 x 축 방향 반지름이 줄어든 길이 만큼 증가하기 때문에 불량으로 처리된다.

3. 치수 계측 및 성형 불량 검출 실험

Pipe 의 정면과 측면에서 획득한 영상을 이용하여 제시한 알고리즘을 이용하여 Pipe 검사에 필요한 외경, 내경, 각도, 편심량을 계산 하고 양품과 불량을 주어진 조건에서 판단 하게 된다. 실험을 위해 양품 Pipe 와 작업도중 발생한 불량 Pipe 를 이용하여 본 연구 에서 제시한 알고리즘의 신뢰성을 확인하는 실험을 하였다.

Table 1 은 검사 Pipe 의 양품과 불량을 판단 할 기준을 보여주고 있다.

Table 1 Parameter range for normal pipe

파이프종류		치수한도			
직경 (mm)	사두 (mm)	외경 (mm)	내경 (mm)	각도 (°)	편심량 (mm)
Φ6.35A	28	740±0.3	610±0.3	28±0.2	0.32 이내
Φ6.35B	35	730±0.3	430±0.3	28±0.2	0.32 이내
Φ8	28	930±0.3	790±0.3	28±0.2	0.32 이내
Φ10	28	1165±0.15	100±0.3	28±0.2	0.32 이내

치수한도를 적용하기 위해서는 Pixel 당 실제 길이를 구하여야 하는데 이를 위해서는 정면 검사를 위한 카메라, 측면 검사를 위한 카메라와 파이프간의 거리를 일정하게 유지시킨 다음 정확한 값을 찾아내야 한다. 본 논문에서는 0.032mm/Pixel 을 이루고 있다. 또한 Φ6.35A 파이프는 이중 사두 성형 파이프이며 Φ6.35B 파이프는 압입 사두 성형 파이프이다.

3.1 파이프의 측면 검사

Fig. 8 은 윤곽선을 검출한 영상에서 제시한 알고리즘을 이용하여 각도와 편심량을 구하기 위한 직선 성분을 검출한 영상을 보여 주고 있으며 이

영상을 통하여 외경과 각도, 편심량을 구하였다. Table 2 는 파이프의 중심점의 y 좌표와 직선의 교점의 y 좌표, 두 값을 이용하여 구한 편심량을 나타내고 있다.

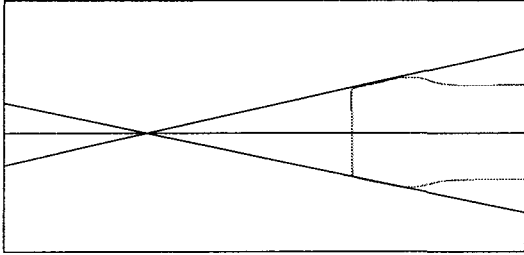


Fig. 8 Side image of proposed algorithm

Table 2 Result of calculating eccentricity

직선의 교점 (Pixel)	파이프의 중심점 (Pixel)	편심량 (Pixel)
295	291	4

직선의 교점과 파이프의 중심점과의 편심량이 본 논문에 제안한 알고리즘을 이용하여 실험한 결과 4 Pixel 정도 생겼다. 따라서 위 파이프는 10 Pixel 이내의 편심량을 가지므로 양품으로 분류된다. 그리고 4 Pixel 을 실제 길이로 환산 한다면 약 0.13mm 가 된다.

3.2 파이프의 정면 검사

Fig. 9 은 전처리 및 윤곽선 검출을 한 영상을 이용하여 내경과 외경, 안쪽원과 바깥쪽원의 중심점에 따른 편심량을 알아 보기로 한다. 파이프 자체의 편심 때문에 x 방향 반지름과 y 방향 반지름은 다소 차이가 있다. Table 3 은 안쪽원의 중심 좌표, 반지름과 바깥쪽원의 중심 좌표, 반지름을 표기 하였다.

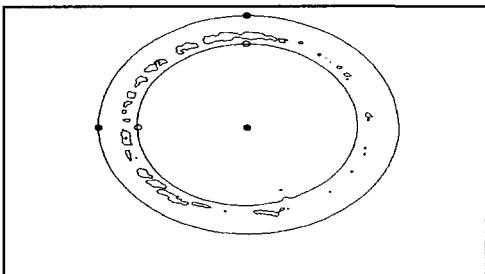


Fig. 9 Front image of proposed algorithm

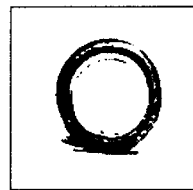
Table 3 Result of detection coordinate circle image

내용	안쪽 원 (Pixel)	바깥쪽 원 (Pixel)
중심의 X 좌표	331	332
중심의 Y 좌표	169	171
X 방향의 반지름	121	145
Y 방향의 반지름	124	149

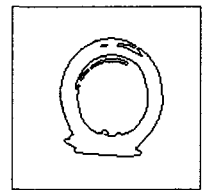
3.3 성형 불량 검출

본 연구에서 제시한 알고리즘의 불량품 검출 능력을 검증하기 위해서 흑백 CCD 카메라와 2 배 확대렌즈와 5mm 접사링을 끼워 10 배 확대하여 검사 하였으며 카메라 렌즈에 링 라이트 소스와 파이프측면에 사각형 라이트 소스를 장착하였으며 6.35mm 의 직경을 가진 이중 사두 성형의 3 가지 종류의 불량파이프를 이용하여 검사를 하였다.

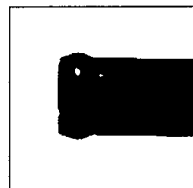
- i) 내경 및 외경, 최대직경 불량 : Fig. 10 은 성형 불량으로 인한 내경, 외경 불량 파이프이다.
- ii) 각도 및 편심량 불량 : Fig. 11 은 절단 부분 불량으로 인한 각도, 편심량 불량 파이프이다
- iii) 내경, 외경, 최대직경, 각도, 편심량 불량 : Fig. 12 은 성형이 완전히 마치지 않은 상태로 검사 시스템으로 들어온 경우의 불량 파이프이다. Fig. 12 과 같은 경우 가장 흔한 불량 파이프의 형태이며 불량과 양품의 판단 기준은 Table 1 을 따른다.



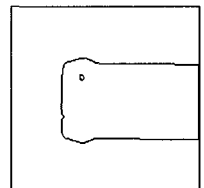
(a) Front Image



(b) Front Image of Proposed Algorithm



(c) Side Image



(d) Side Image of Proposed Algorithm

Fig. 10 Result of faulty pipe 1

Table 4 Result of faulty pipe 1

내경 (mm)	외경 (mm)	각도 (°)	최대직경 (mm)	편심량 (mm)
6.92	8.11	28	8.19	0.13

Fig. 10 의 파이프는 이중 사두 성형 파이프이다. 내경은 5.80mm 에서 6.40mm 내의 치수를 가져야 하며 외경은 7.10mm 에서 7.70mm 이내의 값을 가져야 하며 최대직경도 마찬가지로 이다. Table 4 와 같이 검사 결과 6.92mm 의 내경과 8.11mm 의 외경, 8.19mm 의 최대직경을 가지므로 세 부분 모두 치수 한계를 넘는 값을 가지고 있다.

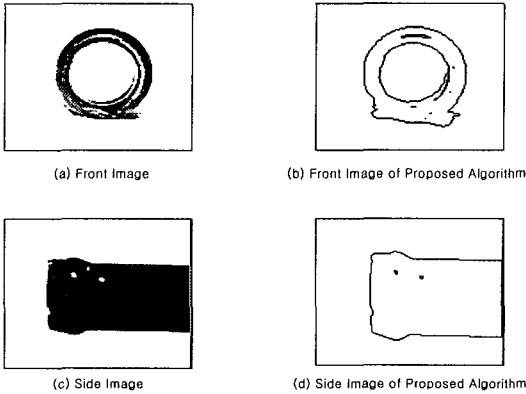


Fig. 11 Result of faulty pipe 2

Table 5 Result of faulty pipe 2

내경 (mm)	외경 (mm)	각도 (°)	최대직경 (mm)	편심량 (mm)
6.22	7.59	∞	7.62	∞

Fig. 11 는 절단 부분, 즉 파이프의 끝이 성형기 이전에 파손된 경우이다. 따라서 성형이 제대로 되지 않고 검사 시스템을 들어 온 경우이다. 이런 종류의 파이프는 실제 공정에서 거의 발생하지 않으나 불량처리가 까다로운 형태의 파이프이다. 내경과 외경은 치수 한도내로 측정이 되었으나 Fig. 11 의 (c)와 (d)에서 보는 바와 측면 영상에서는 정확한 각도를 찾을 수 없었고 따라서 편심량도 정확하게 계산되지 않음을 보여 준다.

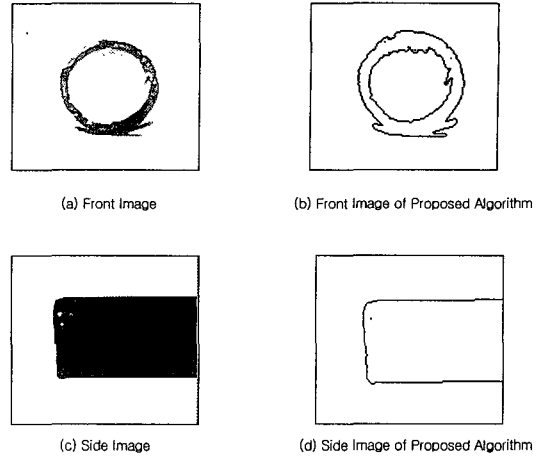


Fig. 12 Result of faulty pipe 3

Table 6 Result of faulty pipe 3

내경 (mm)	외경 (mm)	각도 (°)	최대직경 (mm)	편심량 (mm)
5.28	6.42	∞	6.46	∞

Fig. 12 은 성형 도중 파이프가 충분히 성형기로 들어 가지 못한 상태에서 성형을 마친 경우이다. 이런 종류를 파이프는 다양한 형태로 나오지만 치수한계에 못 미치는 치수를 가지게 된다. Table 6 의 내경 5.28mm 는 치수 한계 5.80mm ~ 6.40mm 의 범위에 못 미치는 값이다. 외경과 최대 직경도 모두 마찬가지로 치수 한계에 못 미치는 값을 가진다. 또한, 파이프의 각도도 측정 범위를 벗어났으며 편심량도 계산이 되지 않았다.

4. 결론

본 논문에서는 생산된 파이프의 전량을 빠른 시간 내에 검사하기 위한 시스템을 설계하기 위한 알고리즘을 제안하였다. 설계한 시스템의 실제 공정에의 적용은 PLC 에서 받은 신호를 통해 검사 시스템을 구동하여 불량과 양품을 판정하고 다시 PLC 로 불량 또는 양품 신호를 보내고 데이터와 불량 파이프의 이미지 파일을 서버로 전송하는 시스템을 구축하였다. 파이프의 검사 항목을 찾기 위해 변형 허프 변환과 직선 탐색법을 이용하여 직선과 원을 검출하였다.

실제 현장에서는 최소 시간 동안 최대 물량을 만들어 내야하기 때문에 검사 소요 시간은 짧아야 한다. 실제 현장에서 구동중인 검사 시스템의 소요시간은 약 720ms 정도이므로 성형기의 소요시간 1s 와의 적절한 시간 간격을 두고 있으며 실시간 데이터 저장과 전송이 완벽히 이루어져 있으며 검사 시스템의 장시간 구동시 발생할 수 있는 데이터 파일과 불량 이미지파일의 축적, 메모리 스택 문제나 노이즈의 영향에 따른 판단 오류를 제거하였으며 파이프의 직경을 실측한 값과 비전시스템에서 측정된 값은 1/100mm 까지 일치하도록 하여 현장에서 요구하는 성능을 충분히 만족시켰으며 본 연구에서 제안한 알고리즘의 유용성을 확인하였다.

실제 현장에서 만들어진 파이프는 4/100 mm 정도의 편심을 가지고 있다. 이는 불량 판정 시 문제가 될 수 있다. 파이프의 편심과 불량을 찾아낼 수 있는 알고리즘이 필요하며 검사 알고리즘과 파일 전송이 순차적으로 이루어져 있으므로 전송시 오류나 네트워크의 부하로 인해 검사 알고리즘을 제대로 구동할 수 없는 문제가 있으므로 Multi Thread Application 기법을 도입하는 것이 효과적이라고 생각된다.

후 기

본 연구는 “과학기술부-한국과학재단 지정 울산대학교 기계부품 및 소재특성평가 연구센터”의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

- Otsu, N., "A Threshold selection Method from Gray Level Histograms," IEEE Trans. Syst. Man Cybernet., Vol. SMC-9, pp. 62-66, 1979.
- Park, H. J., Hwan, Y. M., "Dimensional Measurement Using the Machine Vision," KSPE, Vol. 18, No. 3, pp.10-17, 2001.
- Maitre, H., "Contribution to the prediction of performance of the Hough transform," IEEE Trans. On Patten Analysis and Machine Intelligence., PAMI-8. 5, 1986.
- Braggins, D. W., "Image processing for industrial applications in Europe," Proceedings of the 5th International Conference on Robot Vision and Sensory Control. pp. 13-23.
- Persoon, E., "A Pipelied Analysis System Using Custom Integrated Circuits," IEEE On Patten Analysis and Machine Intelligence, Vol. 10. No. 1, pp. 110-116, 1988.
- Gotoh, T., Toriu, T., Sasaki, S., "A Flexible Vision-Based Algorithm for a Book Sorting System," IEEE On Patten Analysis and Machine Intelligence, Vol. 10, No. 3, pp. 393-399, 1988.
- Shapiro, S. D., "Transform for the Computer Detection of Curves in Noisy Picture," Comp. Gragpics Image Process. 4, pp. 328-338. 1975.
- Ballad, D. H., "Generalizing the Hough Transform to Detect Arbitrary shapes," Pattern Recongniton, 13, pp. 111-121, 1981.
- Leavers, V. F., "The dynamic Generalized Hough Transform," First ECCV conf. Antibes, France, 1990.
- Califano, A., Tayler, R. W., "A new approach to complex Parameter Feature Extraction," IEEE On Patten Analysis and Machine Intelligence, pp. 192-199, 1989.