

컴퓨터비전을 이용한 알루미늄 캔재 이어링률 자동 측정 시스템 개발

Development of an Auto Measuring System for the Earing Rate of Aluminum CAN Using Computer Vision

° 이 용중*, 김 형조**, 이 양범**

*창원기능대학, **울산대학교

Yong-Joong Lee*, Hyoung-Jo Kim**, Yang-Bum Lee**

Changwon polytec college*, Ulsan university**

<Abstract>

The main purpose of this paper is the development of the system which measures the earing rate of aluminum CAN with the CCD camera. In order to optimize input image, the image object was segregated and the position of the image grasped. In the pre-processing the edges were detected by the Robert mask after improving the definition of image by the histogram equalization. The height of four each ear and angles which occur due to the characteristics of the aluminum CAN are measured manually with the digital vernier calipers in the industrial ground and in the case of the velocity, these require 30 seconds at least by three times measurement per height of one direction of the aluminum. But it took 0.02 seconds when this system was applied. Therefore this system is proven the satisfactory efficiency and reliability as compared to the control result of in industrial ground.

I. 서론

본 연구에서는 압연된 알루미늄 원판으로부터 컵 모양의 금형을 이용하여 압축해서 만들어진 캔재의 이어링률(earing rate) 자동측정을 위한 컴퓨터비전시스템의 개발이 주 목적이다. 컵 모양의 금형을 이용하여 얻어진 캔재는 발생된 귀와 골의 크기에 따른 이어링률에 따라 다음 공정에 영향을 미치므로 생산 공정에서는 캔의 이어링률을 엄격히 관리하고 있다. 컵을 만들 때 발생되는 4곳의 귀와 4곳의 골은 금속의 방향성에 의한 알루미늄 금속의 재질 및 특성상 압연 시 발생되어지며, 각각의 귀와 골의 측정을 3명이 24시간 실험실에서 교대로 수작업으로 측정하고 이어링률을 계산하는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 알루미늄 캔재의 높이와 이어링률을 컴퓨터비전시스템을 이용하여 자동으로 측정하는 시스템을 개발하였다. 이러한 수작업을 컴퓨터비전시스템으로 대체하였을 경우 자동화 및 생산관리가 전산화되며, 인력 감축 및 데이터 관리에 대한 생산성 향상 및 알루미늄 캔재

생산 원가 절감 및 제품의 신뢰성이 매우 높아질 것이다. 자동 검사를 위해서는 우선 컴퓨터비전시스템을 이용한 캔재의 정확한 이어링률을 측정을 할 수 있는 실시간 컴퓨터비전비전시스템 기술에 대한 연구가 수행된다. 컴퓨터비전비전시스템의 기술을 수행하는데 영상 히스토그램 평활화 및 이진화, 객체 분리, 경계선 검출 등이 필요하며, 이와 같은 배경으로 캔재의 이어링률을 측정하였다.

II. 본론

2.1. 전처리 과정

본 연구에서 검사 대상으로 설정한 알루미늄 캔재의 영상은 fig. 1과 같으며 영상 내의 캔재의 분리, 위치 파악하는 작업이 필요하다.



fig 1. Aluminum CAN image

알루미늄 캔재는 4개의 귀와 4개의 끝을 가지며, 전 방향에서 45도씩 돌릴 때마다 귀 또는 끝을 한 개씩 가지는 특성을 가진다. 전처리를 위해서 캔재 영상의 히스토그램을 구해 평활화 시켜준 다음 배경을 분리할 수 있는 적당한 문턱 값을 찾아 낸 다음 이를 기준으로 입력 영상을 이진화 하였다. 이렇게 이진화 된 영상은 객체와 배경이 눈으로는 쉽게 구별이 되나 실제 객체단위로는 분리가 안된 상태이므로 이를 객체 단위로 만들기 위한 Blob을 설정해 주었다. 그리고 캔재의 위치파악이 된 상태에서 로버트 마스크를 이용한 윤곽선 추출을 한 다음 컴퓨터비전시스템에 의한 캔재의 높이를 측정하였다.

영상의 질을 개선하거나 영상을 특정한 응용 목적에 알맞도록 변환시키는 등의 최적의 영상을 얻기 위하여 본 연구에서 제안한 이어링틀 측정을 위한 영상 처리 과정의 순서도는 fig. 2과 같다.

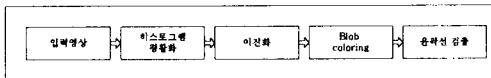


fig 3 . Image processing flow

히스토그램 평활화는 일정한 분포를 가진 히스토그램을 생성하는 것으로, 명암값 분포를 재분배하는 것으로 [1], 이러한 재분배 과정을 통하여 입력 영상 전체에 대한 선명도를 증가시킬 수 있으며, 영상의 픽셀 배열 명암도를 전체적으로 조정하여 영상의 질을 보다 향상시킬 수 있다 [2][3]. 선명도를 개선할 영상의 픽셀에 대한 명암도 r 을 정규화하기 위하여 다음과 같은 범위에 두도록 한다.

$$0 \leq r \leq 1 \quad (1)$$

$$s = E(r) \quad (2)$$

여기서,

r : 명암도

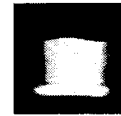
E : 명암도 조정변환

s : 화소값

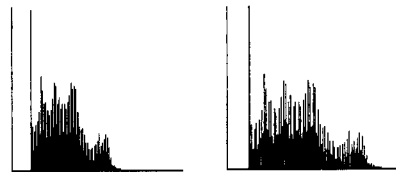
이때, 원 영상의 화소값 s 에 대한 확률 밀도함수를 각각 $p_r(r)$ 와 $p_s(s)$ 로 나타내면, 영상의 화소값 s 에 대한 확률 밀도 함수는 다음 식과 같이 된다.

$$\begin{aligned}
 P_s(s) &= \left[p_r(r) \frac{dr}{ds} \right]_{r=E^{-1}(s)} \\
 p_s(s) &= \left[p_r(r) \frac{1}{p_r(r)} \right]_{r=E^{-1}(s)} \quad (3) \\
 &= [1]_{r=E^{-1}(s)} \\
 &= 1 \quad 0 \leq s \leq 1
 \end{aligned}$$

변수 r 의 누적 분포함수를 변환함수로 사용하게 되면, 변환된 변수 s 에 대한 확률 밀도 함수는 균일 밀도가 됨을 의미한다. 이것은 화소들 간의 동적 범위를 넓혀 주게 되어, 영상의 시각적 표현효과를 증가시키는 것이며 알루미늄 캔재를 대상으로 히스토그램 평활화한 결과는 다음과 같다.



(a) 원영상



(b) 원 히스토그램

(c) 평활화된 히스토그램

fig 3. Histogram equalization

이진화를 이용한 영상 분할은 검사 대상이 되는 영상의 명도 값이나 색도 값 등을 임계 값 처리를 하여 얻어지는 것으로 영상의 각 화소에 대해서 명도가 있는 일정한 값 이상의 경우에 대응하는 출력 영상의 화소값을 1로서 그 외의 경우는 0으로 한다 [2]. 경계값 처리를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & f(x, y) \geq t \\ 0 & f(x, y) < t \end{cases} \quad (4)$$

여기서,

$f(x, y)$, $g(x, y)$: x, y 위치의 임계값 처리 전·후의 명암값

t : 경계값

본 연구에서는 다음 fig. 4와 같이 화면 전체에 대하여 단일한 임계값에 대한 실험을 하고 전역 임계값 방법을 사용하여 이진화 형상을 추출하였다.



fig 4. Binary image

이진화 된 영상들은 객체와 배경이 눈으로는 쉽게 구별이 되나 실제 객체단위로는 아직 분리가 안 된 상태이기 때문에 이를 객체 단위로 만들기 위한 과정으로 Blob Coloring을 하였다. 본 연구에서 실험에 사용한 Blob Coloring을 위한 마스크는 다음과 같다.

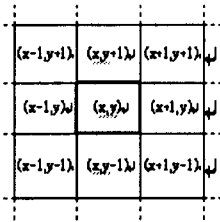


fig 5. Blob coloring mask

fig. 5와 같이 임의의 위치 (x, y) 에 객체에 해당하는 화소 값이 0이 있다면, 그 위치로부터 4개의 주변 값을 $(x, y-1)$, $(x, y+1)$, $(x-1, y)$, $(x+1, y)$ 의 위치에 있는 화소 값 혹은 주위 8개의 값들 $(x, y-1)$, $(x, y+1)$, $(x-1, y)$, $(x+1, y)$, $(x-1, y-1)$, $(x+1, y-1)$, $(x-1, y+1)$, $(x+1, y+1)$ 의 위치에 있는 화소 값을 조사,

$y)$ 에 있는 화소 값과 같은 값이면 같은 객체로 판단한 뒤, 다음 연결되어 있는 화소로 위치를 옮겨 위의 과정을 연결된 화소가 없을 때까지 반복한다. 이상과 같은 처리를 하게 되면 연결되어 있는 화소들을 하나의 객체로 분리해 낼 수가 있다.

알루미늄 캔재의 영상을 1차 미분에 의한 영상처리에 의하여 윤곽선을 추출하였으며 1차 미분 방식은 행렬의 형태로 테이블 마스크로 주어지는데 마스크 계수의 합은 0이 된다. 마스크의 계수의 합이 0이 되지 않는 마스크로 단일한 영상에 회선 기법을 적용한 결과는 0이 아닌 출력이 만들어진다. 따라서 잘못 할 경우에는 에지가 있는 것과 같은 결과를 보일 수도 있다. 에지 크기는 다음 식과 같이 각 연산자 마스크의 벡터 합을 계산함으로써 결정될 수 있다[4].

0	0	-1
0	1	0
0	0	0

(a)Hr

-1	0	0
0	1	0
0	0	0

(b)Hc

fig 6. Roberts mask

$$H(x, y) = \sqrt{H_r^2(x, y) + H_c^2(x, y)} \quad (5)$$

그리고 에지의 방향은 다음 식과 같이 구할 수 있다.

$$\theta = \tan^{-1} \frac{H_c(x, y)}{H_r(x, y)} \quad (6)$$

본 연구에서는 컴퓨터비전시스템의 신속성과 정밀성에 중점을 두어 윤곽선 검출에 매우 민감하고 계산 속도가 빠른 로버트 마스크를 이용하여 에지를 검출하였으며 다음은 로버트 마스크를 이용하여 에지를 검출한 결과이다.



fig 7. Edge detection

2.2. 이어링률 측정 알고리즘

검출된 에지 영역 내에서의 양쪽 에지 점간의 길이를 스캐닝을 해 나감으로서 최저치과 최고치의 값을 획득하게 된다.

(1) Paired값에 의한 이어링률

캔재의 특성상 전체 90도와 270도에서 낮은 값을 가지게 되므로 그 값을 이용한 paired 값에 의한 이어링률은 다음과 같고, 이 값은 오차 범위 5%내에서만 허용된다.

$$Paired = \frac{(귀평균) - \frac{90. + 270.}{2}}{\frac{90. + 270.}{2}} \times 100(\%) \quad (7)$$

(2) Mean값에 의한 이어링률

4곳의 귀와 4곳의 끝의 평균을 이용한 Mean 값에 의한 이어링률은 다음과 같고, 이 값은 오차 범위 3%내에서만 허용된다.

$$Mean = \frac{(귀평균) - (끝평균)}{(끝평균)} \times 100(\%) \quad (8)$$

III. 실험 결과

3-1. 시스템 구성과 실험 과정

운영 프로그램은 Visual Basic으로 작성하였으며, 이미지의 영상 획득 부분에서 CCD 카메라를 이용하여 680×480 영역에서 검사 수행을 기본으로 하여 수행하였고, 장착한 Cognex 비전 보드를 사용하였지만 여타의 부분에 대해서는 참조하지 않고 독자적인 프로그램을 작성하였고, 전체 실험 시스템 구성은 다음과 같이 하였다.

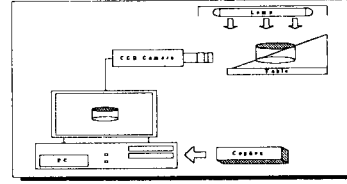


fig 8. System configuration

컴퓨터비전시스템을 이용하여 대상물 측정할 때 조명 문제에서는 대상물은 반사가 되기 쉬운 알루미늄 재질이라서 카메라의 시야내에 반사된 광원이 들어오지 않도록 직접 조명을 피한 형광등의 단일 간접 조명을 사용하여 경험적으로 설치 사용하였다. fig. 8과 같이 카메라로부터 입력받은 영상 데이터를 이용하여 전처리 단계를 거친 후 획득된 8개의 에지 영상으로부터 알루미늄 캔재의 에지 양단을 측정하여 그 데이터 값을 이용하여 이어링률을 계산하였고, 다음 fig. 9와 같이 획득된 원 영상에서 한 프레임에 저장을 한 다음, 저장된 영상을 Blob 설정을 한 결과는 fig. 10과 같으며 에지 검출한 영상은 fig 11과 같다.

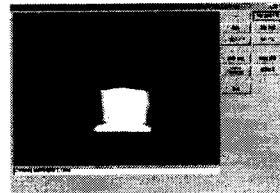


fig 9. Storage image

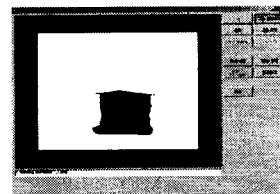


fig. 10. Assign Blob

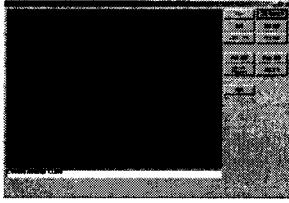


fig. 11. Edge detection

fig. 12는 알루미늄 캔재의 최고치와 최저치를 표시한 Caliper 영상이다.

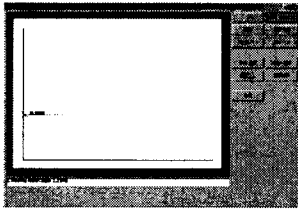


fig. 12. Caliper data display

컴퓨터비전시스템의 caliper로부터 측정된 각 귀와 골의 데이터에 의하여 자동으로 이어링률이 측정된 결과는 다음 fig. 13과 같다.

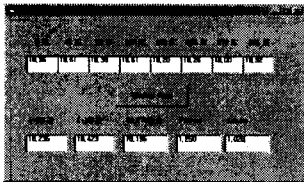


fig. 13. Earing rate data

3.2. 수동 측정과 실험 데이터 비교

paired 값에 의한 이어링률의 수동측정과 자동 측정의 비교는 다음 fig. 14와 같으며, mean 값에 의한 비교는 fig. 15와 같다.

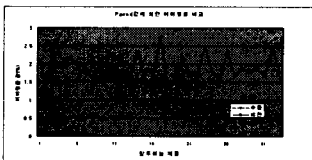


fig. 14 Comparison of Earing rate by Paired value

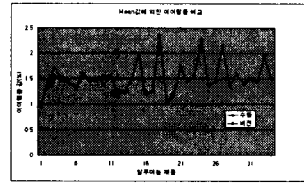


fig. 15. Comparison of Earing rate by Mean value

수동 측정을 하였을 경우와 컴퓨터비전시스템을 이용한 자동 측정을 경우의 이어링률에 대한 비교를 해 보면 오차 범위 내의 모든 만족을 하며, 알루미늄 캔재를 45씩 회전시키면서 각각의 귀와 골의 높이를 컴퓨터비전시스템으로 자동 측정하였을 때 알루미늄 캔재의 샘플에 대한 측정 시간을 상당히 단축시키고 그 데이터를 이용한 이어링률의 자동 측정 또한 만족할 만한 결과를 얻었다.

IV. 결론

컴퓨터비전시스템을 이용하여 알루미늄 캔재의 이어링률을 측정하였을 경우 알루미늄 판재의 원가를 절약 할 뿐만 아니라 데이터 전산처리 작업으로 인하여 현장 개발실의 인력 감축 및 생산성 향상이 기존에 비하여 증가할 것으로 기대된다.

[참고문헌]

- [1] 이 용중, 이양범, "화상처리응용기술". 기문사. 1
- [2] Gonzalez & Woods " Digital Image processing"
- [3] Sing-Taz Bow, "Pattern Recognition and Image Preprocessing Marcel Dekker. Inc 1992.
- [4] Randy Crane " A Simplified Approach to Image Processing"
- [5] I.Pitas, Digital Image processing Algorithms. Prentice Hall. 1993.