

화상처리를 이용한 디버링 가공물의 품질 측정

송 무 건*, 백 재 용*, 신 관 수**, 유 송 민*

*경희대학교 기계·산업시스템 공학부

** 시립인천 전문대학

Quality Measurement of Deburring Product using Image Processing

Mu Keon Song*, Jae Yong Baek*, Kwan Soo Shin **, Song Min Yoo*

* Kyung Hee University of Mechanical and Industrial System Engineering

** Junior College of Incheon

ABSTRACT

In this study, a vision system with image processing method have been introduced to find the edge radius of curvature. It was applied to inspect the edge quality of the deburring process product with brush grinding. Size of data was found to be critical in calculating the radius of curvature. Results using laser measurement system were compared.

Key Words: Vision system (화상시스템),
Radius of crvature (곡률반경),
Deburring process (버 제거 공정),

탐사 등 다양한 분야에서 응용되고 있다. 그 중에서도 공장자동화 분야에서는 시각 시스템을 사용하여 자동화된 품질검사와 생산과정을 모니터링한다. 이 품질검사와 모니터링을 위해서는 정확한 데이터의 측정(Calibration)과 처리가 필요하다⁽¹⁻²⁾.

많은 기계공정에서 디버링(deburring)작업 절삭작업등 기계적 작업을 행하다 보면 미세한 작업을 필연적으로 행하게 되고 가공물의 손상 혹은 가공자의 실수에 의한 오차 등을 가지게 된다. 이것에 정확하고 신속하게 추정 할 필요가 있다⁽³⁻⁵⁾.

본 연구에서는 화상보드와 CCD Camera를 이용하여 디버링 등에서 생길 수 있는 미세한 조직이나 제거된 부분의 측정을 수행하였다. 먼저 CCD 카메라에 측정범위를 조정한 후 각종 시편에 대한 측정결과를 수집하고, 레이저센서를 이용하여 비교하였다.

1. 서론

디지털 화상처리는 1960년대부터 연구, 개발되기 시작하였고 초기에는 고가의 하드웨어와 소프트웨어 때문에 일부계층에서만 사용할 수 있었으나, 기술의 진보, 하드웨어의 성능 향상 및 가격하락, 컴퓨터의 대중화 등에 의하여 화상장비가 보편화되고 이를 바탕으로 디지털 화상처리가 실용화 단계에 들어가게 되었다.

디지털 화상처리는 생체연구, 문서처리, 공장자동화, 재료연구, 의용진단 영상, 사진처리, 우주

2. 이론적 배경

2.1 디지털 화상처리

디지털 화상은 연속적으로 변화하는 명암이라기보다는 회색농담이나 밝기의 불연속적인 점으로 구성되었다. 각각의 밝기점 즉, 픽셀(pixel)로 분할되어야 하며 자료도 디지털 데이터 값으로 기술되어야 한다. 디지털 화상처리과정은 디지털 형태의 그림 정보를 처리하는 것이다.

연속색조 영상을 분리하고 디지털 밝기값을

결정하는 과정을 샘플링(sampling) 및 양자화(quantization)라 한다. 샘플링처리는 특정위치에서 연속색조 영상의 명암도를 샘플링한다. 양자화처리는 각 샘플의 밝기값을 결정하는 것이다. 양자화된 샘플을 화소(picture element, pixel)이라 한다. 샘플링과 양자화 처리의 결합을 화상 디지털화(Image Digitization)라 한다.

화상은 일반적으로 화소의 직사각형 배열로 샘플링된다. 각각의 화소는 영상 내의 위치에 해당하는 (x,y) 좌표를 갖는다. x 좌표는 화소의 수평 위치이며, y 좌표는 화소의 수직위치이다. 픽셀(x,y)에서의 광강도는 대응하는 지점의 영상의 밝기의 정도를 의미하며, 픽셀의 광강도는 0부터 255까지의 계조도(gray level)로 나타낸다.

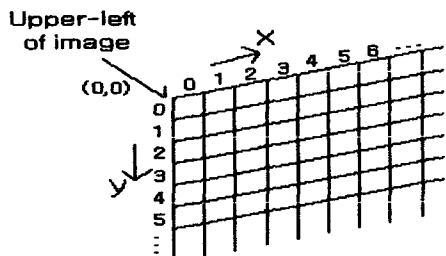


Fig. 1 The Discrete Pixel Numbering Convention

입력영상의 화소 $I(x,y)$ 는 수정된 후 출력영상 $O(x,y)$ 좌표로 출력된다. 단위 처리는 공간적 속성에서의 행동 없이 화소 명암속성을 처리한다. 단위 처리는 공간적 속성에서의 행동 없이 화소 명암 속성을 처리한다. 공간 처리는 화소집단처리(pixel group processing)로 조정된다.

단위처리의 일반식은 다음과 같다.

$$O(x, y) = M[I(x, y)]$$

여기에서 M 은 사상함수(mapping function)이다. 즉 좌표(x,y)에서의 출력화소의 밝기는 그 대응되는 입력화소(x,y)에 함수 M 을 적용한 결과와 같다. 입력영상의 모든 화소가 사상함수를 거쳐서 출력에 사상된다⁽⁶⁾.

2.2 Edge 검출이론

검출한 픽셀 정보에서 에지(edge)를 찾는 방법에는 여러 가지 방법이 있다. 이미 여러 필터

링(filtering)들이 소개되어 있지만 픽셀정보들의 차이를 구하여 활용하였다.

$$Y = X_{i+1} - X_i \quad (i=0,1,2,3,\dots)$$

Y : 농도차 X : gray level 3

i : 픽셀의 순서

처리된 값의 증감치를 확인하여 에지를 구하였다.

2.3 보간법

화상처리를 하다 보면 정확한 픽셀 점들 사이에 있는 중간값을 산출해야 되는 경우가 있는데 이때 보간법을 사용한다. 보간법중에서도 Lagrange 보간다항식 사용하였는데, 이것을 Newton 다항식은 간단하게 공식화시킨 것으로 다음과 같다.

$$f_n(x) = \sum_{i=0}^n L_i(x)f(x_i)$$

여기서 L_i 는 다음과 같다.

$$L_i(x) = \prod_{j=0, j \neq i}^n L_j(x)f(x_j)$$

따라서 상기식으로 표현된 모든 곱들의 합은 모든 $n+1$ 개의 데이터 점들을 정확하게 통과하는 n 차 다항식이 된다.⁽⁷⁾

2.4 곡률 반경

곡률반경은 커브의 굽은 정도를 나타내는데 곡률반경 (R)은 현의 길이 (S)와 호의 높이 (h)를 측정하여 간단하게 구할 수가 있다

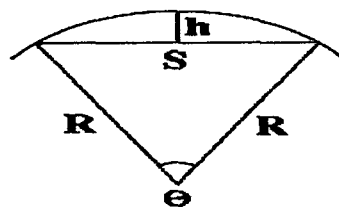


Fig. 2 Circle Illustration

이때 R 은 다음과 같다.

$$R = \frac{S^2}{8h} + \frac{h}{2}$$

2.5 레이저계측기(Laser Displacement Transduct)

비접촉 변위측정에 있어서, 광학적인 삼각측량 원리를 이용한 레이저 센서는 레이저 빔과 대상표면이 이루는 각도와 반사상태에 구애됨이 없이 측정이 가능하다. 투사된 레이저 빔과 측정면에서의 반사 빔이 동일한 렌즈계를 통하는 반사광 감지방식은 레이저 빔과 측정면이 직각을 이루어야 하고, 표면반사가 좋아야 하는 차이가 있어 센서 선택의 기준이 된다.

Fig. 3과 같이 레이저 빔이 측정표면에 투사되면 그 투사점에서 널리 흩어지는 분산(확산,산란)광이 되는데, 그 일부가 착상렌즈를 통하여 위치감지 소자(position sensitive detector)로 집속되는 방식이다. 전류의 출력비율은 집속광의 착점 위치에 따라서 변하므로 집속점의 위치변위는 출력전류의 비율 변화로 나타난다. 신호처리계는 이 전류비율의 변화분을 측정표면의 변위에 비례하는 거리 값으로 변환한다⁽⁸⁾.

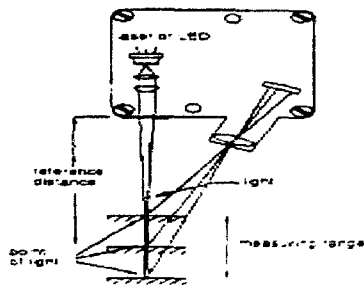


Fig. 3 Laser Displacement Transduct

3. 실험장치

3.1 실험 방법 및 시편설계

본 연구에서 사용된 실험장치들은 화상처리장치, 화상입력장치, 조명장치, 출력장치, 측정장치로 구성했다. 화상입력장치는 삼성 Mono CCD Camera를 사용하고 화상처리장치는 삼성 DT-2869 Vision board를 사용하여 입력받은 화상을 처리했다. 출력장치는 Computer Monitor를 사용했다. 시편을 실험대에 설치 후 CCD 카메라에서 나오는 신호를 화상보드로 받은 후 컴퓨터에서 출력되는

화상을 저장하여 프로그램을 이용하여 분석하였다. 시편은 곡률반경이 각각 0, 1, 2, 3, 4, 5mm 가 되도록 제작하였다.

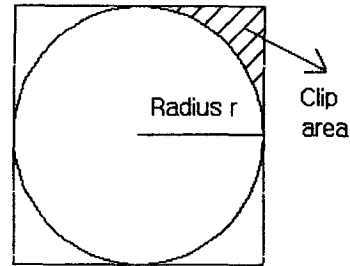


Fig. 4 Specimen Illustration

1mm 시편을 CCD 카메라로 거리에 따라 calibration한 결과 시편과 CCD 카메라와의 거리가 약 8cm 이하 구역에서는 카메라를 사용할 수 없었다. CCD카메라와 시편과의 거리는 선형적 구간인 10cm로 결정했다. Fig. 5는 CCD Camera가 1mm인 시편을 거리마다 측정할 때 나타난 픽셀 수이다.

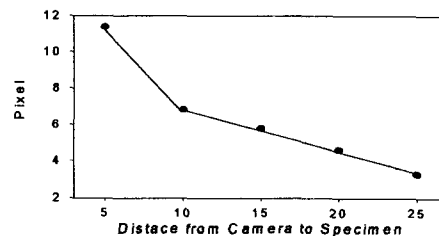


Fig. 5 CCD Camera Calibration Graph

레이저 계측기를 calibration한 결과 Fig. 6에 나타난 것처럼 센서의 안정적 측정 범위 내에서 전력과 거리와의 관계는 출력전압(V) = $0.111 \times \text{거리(mm)}$ 가 성립되었다. 레이저 계측기는 거리가 멀어질수록 양(positive)의 전력값이 출력되므로 이 실험에서는 이 값에 음(negative)값을 곱하여 사용하였다. 센서는 OMRON사의 Z4M-S100 이고 측정범위는 $100\text{mm} \pm 40\text{mm}$ 이다.

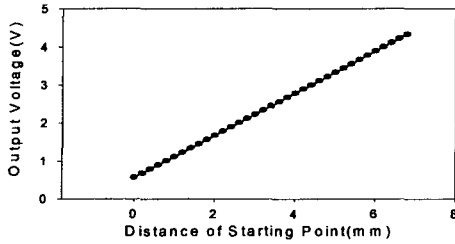


Fig. 6 Laser Sensor Calibration Graph

3.2 데이터 처리

본 연구에 사용된 시스템은 입력부, 화상 처리부로 구성되어 있다. 입력부는 CCD 카메라로 이루어져 있다. 화상 처리부는 입력부에서 받은 신호를 화상보드(vision board)에 의해 화상디지탈화 된다. 디지탈화 된 화상은 calibration 데이터를 참고하여 분석하였다.

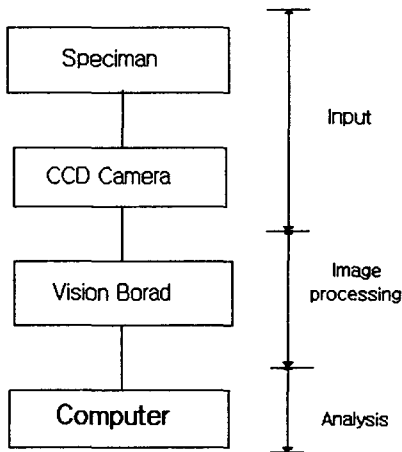


Fig. 7 Image Processing Flow Chart

4. 실험 결과

화상처리를 이용한 곡률반경은 3가지 방법으로 측정하였다. 제 1 방법(method # 1)은 calibration한 결과를 토대로 실제의 원의 거리만큼 픽셀을 계산 후 시작점으로 정하고 곡률반경을 구한다. 제 2 방법(method # 2)은 픽셀이 일정한 기울기를 갖다 기울기가 변하는 최초의 곳

에서 2픽셀 후퇴 후 그곳을 시작점으로 정하고 곡률반경을 구했다. 제 3 방법(method # 3)은 원의 중심이라고 생각되어지는 곳을 시작점으로 정하고 곡률반경을 구했다. 곡률반경은 시작점(고정), n+1번째 점, 2n+1번째의 3개점으로 구하였다.

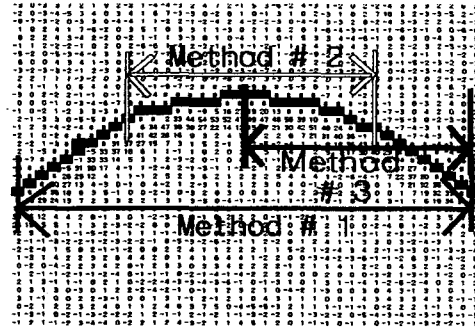


Fig. 8 Measurement Method Diagram

검출한 점의 좌표를 이용하여 각각에 경우에 대해 보간법을 사용하여 Table. 1과 같이 직선의 방정식을 구하였다. 방정식을 곡률반경을 구할 때 참고 자료로 사용한다.

Table. 1 Curve Fitting Diagram

	Curve Fitting Equation(X,Y:mm)
1	$Y=0.66X^2 - 1.24X$
2	$Y=0.39X^2 - 1.21X$
3	$Y=0.31X^2 - 1.28X$
4	$Y=0.23X^2 - 1.27X$
5	$Y=0.17X^2 - 1.19X$

화상처리를 이용하여 곡률반경을 구한 결과 table. 2과 같이 나왔다. 보간법으로 구한 방법과 픽셀로 구한 방법 모두 같은 곡률반경이 계산되었다. 3점으로 구하는 곡률반경은 두 방법 모두 같은 좌표 혹은 위치가 나오기 때문이다. Table. 2과 Table. 3을 보면 곡률반경이 0mm인 곳에서는 3방법 모두 0에 근접한 값이 나왔다. 3가지 모두 값은 다르지만 모두 선형적인 결과가

나왔다. 제 1 방법은 2차 방정식형태로 나타났고 제 2, 제 3 방법은 1차 방정식 형태가 나왔다. 제 1 방법에 경우에는 1mm 원 이외에는 모두 실제보다 크게 나왔는데 이유는 중심점으로 잡은 점이 실제보다 안쪽에 있는 것처럼 측정되었거나 양쪽 점들이 실제보다 중심점과 가까이 있는 것으로 측정되어 큰 곡률반경이 분석되었다. 원의 지름이 크면 클수록 점점 오차가 커진다. 제 2 방법은 원의 지름이 2mm이하는 약 30% 오차, 3mm부터 5mm까지는 약 10% 이하로써 다른 두 방법과는 달리 적은 오차를 나타낸다. 3 방법은 거의 곡률반경이 계산되지 않았다. 이유는 화상 처리로 검출한 결과에서 직선구간을 너무 많이 포함하고 있기 때문이다. 전체적으로 제 1, 제 3 방법은 오차가 너무 커 실제로는 사용할 수 없고 제 2 방법도 오차가 있지만 오차를 수정할 수만 있다면 곡률반경을 구하는 데 사용될 수 있을 것이다.

Table. 2 Curvature Radius of Each Method

Diameter	Curvature Radius(mm)		
	method # 1	method # 2	method # 3
0	0.05	0.02	0.00
1	0.41	0.33	0.02
2	1.42	0.73	0.16
3	3.59	1.74	0.37
4	6.67	2.28	0.43
5	11.66	2.77	0.97

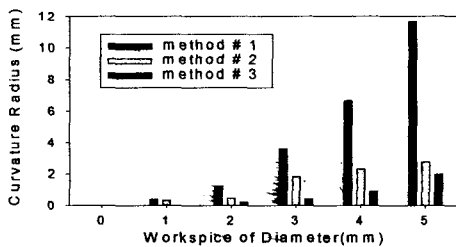


Fig. 9 Curvature Radius of Each Method

Table. 3 Accuracy Ratio of Curvature Radius

Diameter	Accuracy Ratio (Curvature Radius/Circle of Radius)		
	method # 1	method # 2	method # 3
1	0.82	0.66	0.04
2	1.42	0.73	0.16
3	2.39	1.16	0.24
4	3.34	1.14	0.22
5	4.66	1.108	0.39

레이저 계측기를 이용하여 곡률반경을 구하는 방법은 화상처리에서 사용한 제 1 방법과 마찬가지로 실제의 원의 거리를 구하고 그 거리의 시작점, 중심점, 마지막 점을 정해 곡률반경을 구했다. 구한 결과 Table. 4 와 같이 곡률반경 값이 작게 분석되어 실제로는 적용하기 어렵다.

Table 4 Curvature Radius of Laser Sensor Measured

Diameter	Curvature Radius(mm)	Accuracy Ratio
0	0.00	-
1	0.12	0.24
2	0.40	0.40

Fig. 10~16의 그림들은 모두 n이 증가할 때 곡률반경의 변화를 보인다. 곡률반경은 시작점(고정), n+1, 2n+1의 점들의 조합으로 구한다.

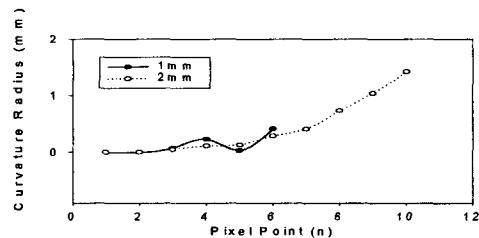


Fig. 10 Curvature Radius of Method # 1

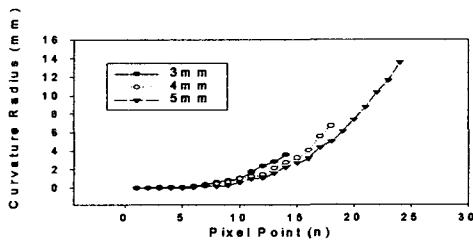


Fig. 11 Curvature Radius of Method # 1

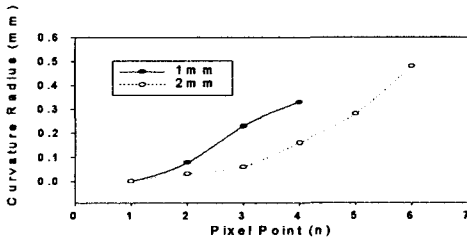


Fig. 12 Curvature Radius of Method # 2

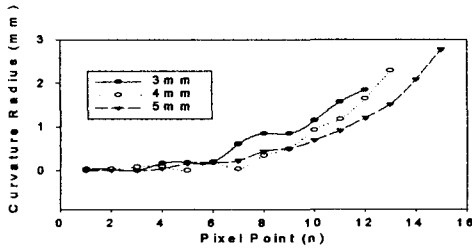


Fig. 12 Curvature Radius of Method # 2

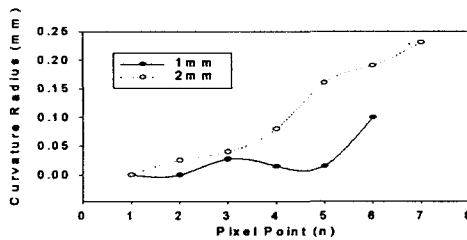


Fig. 14 Curvature Radius of Method # 3

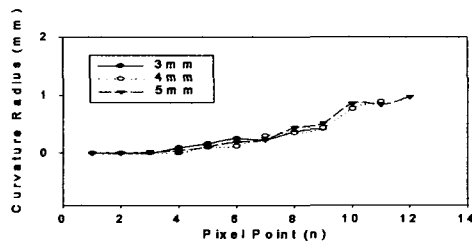


Fig. 15 Curvature Radius of Method # 3

5. 결론 및 향후 계획

화상처리와 레이저 센서를 이용하여 곡률반경을 구해 본 결과 화상처리의 제 2 방법으로 구한 결과가 오차범위가 가장 작게 분석되었다. 픽셀을 검출한 결과에서 직선구간을 제외한 곡선구간만을 채택하여 곡률반경을 구하는 것이 오차가 적다. 곡률반경은 직선구간을 제외하고 곡선구간으로만 구하여도 충분할 것이다. Fig. 10~16에서 보는 것과 같이 범위가 넓어지면 곡률반경도 같이 커지기 때문에 이 경우 어떤 점을 곡률반경으로 채택하는가가 중요한 문제이다.

레이저 센서로 측정할 때 센서의 분해능이 너무 낮아 시편에 관측이 너무 어렵다. 높은 분해능을 가진 센서를 이용한다면 관측뿐만 아니라 곡률반경도 더 정확하게 구할 수 있을 것이다. 표면의 조도가 너무 높아 표면의 피막을 형성시킨 후 측정했는데, 그 피막이 일정하지 않아 측정값에 오류요인으로 작용했다.

6. 참고문헌

1. 김승우, "초정밀 표면측정기술의 동향", 한국정밀공학회지, 1993.
2. 민옥기, 김수경, "비접촉 미소변위 측정 시스템에 대하여", 대한기계학회지, 1989.
3. Laroux K. Gillespie, "Design to reduce deburring", American machinist, Nov, 1985.
4. F. M. Proctor, K. N. Murphy "Advanced deburring system technology".
5. 신관수, 유송민, "Scale-space filtering 과 curve fit을 이용한 자전거 크랭크 화상검사시스템 개발", 한국산업기술학회지, 1권, 1999.
6. 권준식, 김동욱 외6, "디지털 영상처리", 에드텍, pp39-40, 75, 2000.
7. 김저, 김태국, 신동신, 이승배 저, "수치해석", McGRAW-Hill KOREA, pp 449-537.
8. 편집부 저, "센서의 원리와 사용법(I)", 세화, pp 157~230, 1988.