

화상처리를 이용한 연삭공구 인식 및 안면인식 응용

백 재 용, 송 무 건, 유 송 민
경희대학교 기계 · 산업시스템 공학부

Grinding disk detection with image processing and application to face recognition

Jea Yong Baek, Mu Keon Song, Song Min Yoo

Kyunghee University of Mechanical and Industrial System Engineering

ABSTRACT

An image processing method was applied to characterize a shape of the flexible grinding disk. A disk surface image was taken by CCD camera. Depth of cut was changed to be 2 and 4mm. Circles marked on the disk were captured to extract the key features of the deflection. Notable correlation has been observed between the intervals and the process conditions. Same methodology has been applied to check the symmetry of the human face. Tentative results revealed that symmetry could be checked using the filtered face image.

Key Words : Image Processing(화상처리), Flexible Grinding Disk(유연성연삭디스크), CCD(Charge Coupled Device), Depth of Cut(절삭깊이), Process Conditions(가공조건)

1. 서론

생산제조공정에서 보다 빠르고 정확한 공정감시 및 제어를 위해 화상처리 시스템은 넓은 분야에서 사용되고 있다. 공정 자동화, 조립 라인, 형상 및 결함 검사, 비파괴 검사, 산업용 로봇(robot) 등 최근 사용범위가 점차 확대되고 있다. 인간 시각계의 구조를 모방하여 만든 화상처리 시스템은 1960년대를 기점으로 하여 우주탐사계획과 더불어 많은 발전을 이루고 현재는 의료장비에 이르기까지 점차 우리 생활과 가까워지고 있다. 각종 기계

가공에서 인간의 눈을 대신한 화상처리 시스템을 이용, 공정을 제어함으로써 작업자의 능력을 향상시키고 안전성과 고도의 정확성 및 제품의 정밀도를 높이는데 기여한다⁽¹⁾⁻⁽⁴⁾. 본 연구는 연삭가공에 있어서 공정의 정확한 분석과 제어를 위해 화상처리기법을 도입하여 연삭 디스크의 변형을 분석하고 이를 바탕으로 공정을 예측할 수 있는 기초자료를 구축하기 위해 실험을 수행하였다. 디스크의 회전속도, 이송속도 및 절삭깊이에 따른 공구의 변형은 상이하다. 공정 진행간 디스크의 형상변화를 CCD 카메라를 이용하여 관측하고 가공전,후의 변형에 대해 분석하였다. 공구의 변형상태를 분석함으로써 역으로 가공상태를 예측할 수 있을 것이다. 디스크의 휨 현상에 대해 좌우 대칭 여부를 확인하고 이를 바탕으로 인간의 얼굴 안면부의 좌우대칭여부를 확인하는 화상처리시스템을 프로그램화하였다⁽⁵⁾⁻⁽⁶⁾. 최근 기계가공에서 이루어지는 공정을 응용하여 의료장비에 적용하는 사례가 점차 늘고있는 현상을 반영하여 공정 감시를 위한 이론을 바탕으로 인체에 적용하여 그 타당성을 확인해보고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 경계선 검출

화상의 에지(edge)는 영상에 담겨있는 물체의 윤곽선으로 입력영상에 대한 많은 정보들을 가지고 있다. 에지는 물체의 위치, 모양이나 크기등을 나타내어 물체 인식 및 특징 파악을 위해 이용된다. 에지를 검출하기 위한 많은 방법들이 있으며 각 에지 검출방법은 특정용도에만 잘

적용되기 때문에 본 연구에서는 화상이 가지고 있는 잡음을 제거하기 위해 임계값(threshold)을 이용, 이치화처리 한 후 라플라시안 필터를 이용해 이치화된 화상의 경계치를 부각시켜 화상의 경계를 알아냈다.

2.2 디스크의 변형분석

연삭공정이 진행되는 동안 CCD 카메라에 획득한 화상을 이용하여 유연성 디스크의 변형을 분석하기 위한 기준점을 디스크의 중심에 고정하였다. 양자화된 디지털화상의 음영도(gray level)를 이용하여 외곽선을 검출하고 이를 바탕으로 디스크의 중심을 기하학적인 방법으로 측정하였다. 원의 일반적인 특징은 원주의 두점을 이은 직선과 두 직선의 중점에서 내린 수선의 교점은 원의 중심이 된다. 이를 바탕으로 3점을 이용하면 원의 중심은 간단한 방정식을 이용하여 계산할 수 있다. Fig. 1과 같이 3점 $P_0(x_0, y_0)$, $P_1(x_1, y_1)$, $P_2(x_2, y_2)$ 로 구성되는 원에서의 두 직선 Y_{01} , Y_{02} 에서의 내린 수선 Y_{01}' , Y_{02}' 의 직선의 방정식은 다음과 같다.

$$Y_{01}' - \frac{y_0 + y_1}{2} = -\frac{x_1 - x_0}{y_1 - y_0} \left(X_{01} - \frac{x_0 + x_1}{2} \right)$$

$$Y_{02}' - \frac{y_1 + y_2}{2} = -\frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1} \left(X_{12} - \frac{x_1 + x_2}{2} \right)$$

이 두 직선은 기하학적으로 3점으로 이루어지는 원의 중심 (X_c, Y_c) 을 지나게 된다.

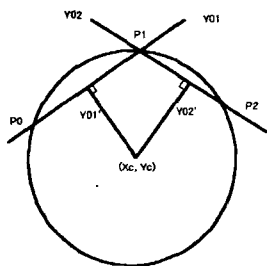


Fig. 1 Origin of circle

디스크 중심 위치의 분석과 공구의 외곽선 검출을 통하여 연삭 가공전, 후의 곡률 반경을 비교함으로써 절삭력의 변화 및 가공전, 후 공구 변형을 정량화 하였다.

2.3 얼굴 안면부 인식

연속된 색상 정보를 가진 얼굴 안면부의 인식

을 위해 기준점을 두눈의 위치와 코구멍 및 입의 양 끝점을 선정하여 분석하였다. 경계영역에서 화소의 농도값이 급격히 변화하는 특성을 이용, 인접화소의 농도차를 계산하여 영상에 적용함으로써 차영상으로 변환, 비슷한 살색 정보를 제거하여 기준점을 부각하고 기준점의 존재가능 영역에서 수평 및 수직 히스토그램을 이용 기준점의 위치를 추출하였다(Fig. 2).



Fig. 2 Filtering of face image

코의 위치를 기준으로 눈과 입의 상대 좌표를 이용, 얼굴의 좌우 대칭 여부를 확인하고 얼굴 크기를 정규화하여 표정 변화에 따른 기준점 이동 및 타 인물 영상과의 차이점을 분석 확인하였다.

3. 실험장치

밀링 머신을 이용하여 유연성 디스크를 고정하고 가공 시편과 디스크의 각도가 30°를 유지하도록 설치하였다. 연삭 공정이 진행되는 동안 CCD 카메라를 고정, 영상을 취득하여 개인용 컴퓨터에 저장하였다. 연삭 공정에 사용된 시편은 탄소강(SC40)을 사용하였고 유연성 디스크로는 디스크형 연삭재(3M ; flexible grinding disk)를 사용하였으며 연삭재 표면에는 Fig. 3와 같이 4mm 간격으로 7개의 원을 그려 디스크 변형을 보다 손쉽게 관측하도록 하였다.

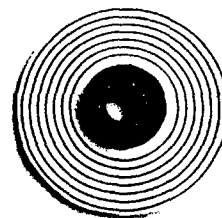


Fig. 3 Original image of disk with circles

카메라의 위치는 디스크와 이루는 각도가 30° 와 60° 로 변화를 주어 촬영하여 보다 정확하게 디스크의 변형을 관측할 수 있는 위치를 확보하였다. 절삭깊이는 2mm, 4mm로 각각 8회씩 가공하고 가공조건별 취득된 화상은 임계값처리를 이용하여 잡음부를 제거하고 화소의 농도값이 급격히 변화하는 부분을 경계선으로 검출하도록 프로그램화하였다. 본 실험에 사용된 실험장치는 Fig. 4와 같다.

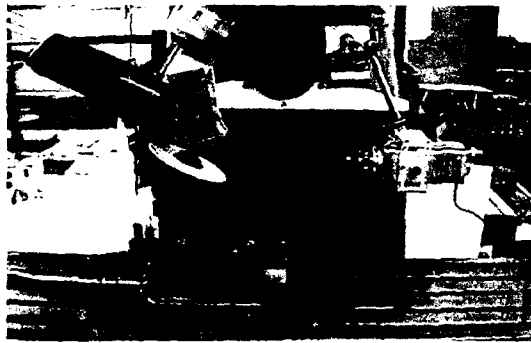


Fig. 4 Grinding process diagram

기준점을 이용하여 디스크의 변형을 분석하는 방법을 얼굴 안면 인식에 적용하여 사진에 촬영된 얼굴 사진을 연삭 공정간에 설치한 CCD카메라를 이용, 재 촬영하여 필터링 후 동일한 방법으로 경계선을 검출하여 기준점의 위치를 픽셀 정보로 환산하여 각 특징점의 대칭 여부를 확인하였다.

4. 실험결과

4.1 중앙선 검출

유연성 연삭 디스크의 중심과 가공시편 끝단과의 중앙선에서의 동심원 간격을 픽셀(pixel)간격으로 분석하여 정량화하였다. Fig. 5는 디스크와 카메라 각도가 60°에서의 중앙선 검출한 결과이다. 절삭가공이 이루어지지 않았을때와 절삭깊이가 2mm, 4mm로 증가함에 따라 동심원의 간격은 선형적으로 감소한다. 절삭깊이와 디스크의 변형은 1차 함수의 관계로 취득된 화상으로 가공공정의 절삭깊이를 추측할 수 있다.

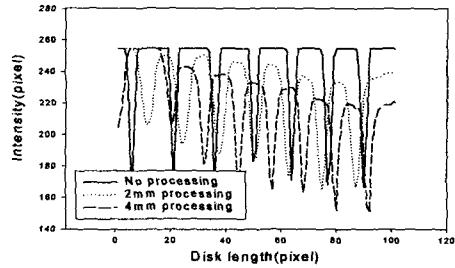


Fig. 5 Detection of the center line (60°)

4.2 외곽선 검출

가공전, 후의 디스크 변형을 보다 정확하게 분석하기 위해 디스크의 외곽선을 이용하여 변형을 측정하였다. Fig. 6은 연삭가공이 진행되는 동안 디스크의 외곽선에 대한 검출라인으로 가공이 이루어지지 않았을 경우에는 디스크의 형상이 좌우 대칭이나 연삭 공정이 이루어짐에 따라 좌우 대칭형상이 왜곡되어 나타난다.

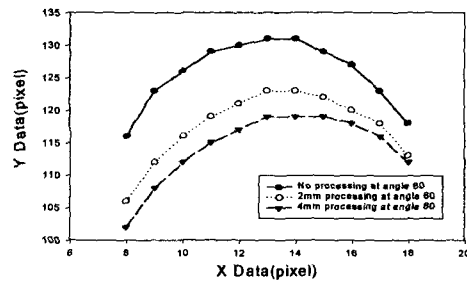


Fig. 6 Detection of out line (60°)

절삭깊이가 증가함에 따라 공구의 좌우대칭이 크게 왜곡되고 있다. 절삭깊이에 관계없이 연삭가공이 진행되고 디스크가 복원되는 좌측부의 디스크 곡률반경은 19 픽셀간격을 유지하나 가공이 이루어지기 전 디스크의 우측부의 곡률반경은 절삭깊이가 2mm인 경우 11 픽셀 간격으로 가공전, 후의 변화가 크지 않지만, 절삭깊이가 4mm로 증가함에 따라 6 픽셀간격으로 크게 왜곡되고 있다. 공정간 취득된 화상으로 디스크의 복원력을 분석하여 공구 수명을 예측하는 프로그램도 가능할 것이다.

4.3 디스크 중심의 변화

시편을 연삭 가공함에 따른 그라인더의 디스크 중심점의 이동을 구함으로서 가공에 따른 힘의 이동을 추정할 수 있을 것이다. Fig. 7은 무가공시의 중심과 2mm 가공과 4mm 가공했을 때의 공구의 외곽선 중심을 구하여 중심점의 이동을 분석해 본 것으로서 그림에서와 같이 중심점은 절삭깊이가 증가함에 따라 가공전 방향과 뒤쪽으로 이동하는 것을 알 수 있다.

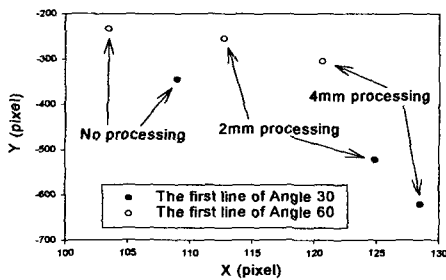


Fig. 7 Detection of origin at out line

4.4 얼굴 안면부 인식

안면부의 기준점을 검출하여 코 위치에 대한 눈과 입의 상대적인 좌표를 정규화 하였다. 각 특징점의 존재영역에서의 수평, 수직 히스토그램으로 눈, 코, 입의 위치를 추적하고 각 기준점을 도형화하여 수치화함으로써 타 인물사진과 인식이 가능하도록 하였다. Fig. 8은 각 기준점에 대한 위치를 좌표화하여 나타낸 것이다.



Fig. 8 Detection of face datum

5. 결론

유연성 디스크를 이용한 연삭 공정에서 디스크의 변형은 가공전, 후 그 형상이 다르게 나타났

다. 연삭디스크가 가공시편을 절삭하기 전과정에서는 절삭깊이에 따라 디스크 변형이 선형적으로 변화하였지만, 가공후에는 디스크 형상이 복원되어 절삭깊이에 상관없이 비슷한 곡률 반경을 나타내었다. 절삭가공간에 디스크에 부과되는 절삭력을 간접적으로 확인할 수 있는 결과이다. 이를 바탕으로 연삭공정을 제어할 수 있는 데이터를 구축할 수 있을 것이다. 기준점 파악을 인체에 적용하여 얼굴의 특징점을 이용 인식하는 실험도 병행하였다. 각 기준점을 정확하게 도출할 수 있다면 표정 변화에 따른 기준점의 상대 위치 변화를 이용하여 인식이 가능하도록 프로그래밍이 가능할 것이다.

6. 참고문헌

1. Akira Hosokawa, Heiji Yasui, yukihiisa Kanao and Kaoru Sato, "Characterization of the Grinding Wheel Surface by Means of Image Processing", 精密工學會誌, Vol.62, No. 9, pp. 1297-1301, 1996.
2. J. H. Vogel and D. Lee, "An Automated Two-view Method for Determining Strain Distributions on Deformed Surfaces", J. of Materials shaping Technology, Vol. 6, No. 4, pp. 205-216, 1989.
3. M. Barata Marques, R. Bapitista and S. Antunes, "Implementation of a Computer Based Image System for Grid Measurement", Proc. 17th IDDRG Biennial congress, Advanced sheet Metal Forming Technology, pp. 352-359, 1992.
4. Z. Tan, L. Melin, and C. Magnusson, "Measuring Square Grid in Sheet Metal Strain Analysis by Image Processing Technique", Proc. 17th IDDRG Biennial Congress, Advanced Sheet Metal Forming Technology, pp. 344-351, 1992.
5. 신영숙, 이일병, "기하학적인 특징 추출을 이용한 얼굴 표정인식", 97 한국감성과학회 연차 학술대회 논문집, 1997.
6. P. Ekman and W. Friesen, "Facial Action Coding System", Consulting Psy chologist, Palo Alto, CA, 1977.