

패턴매칭을 이용한 형상측정 데이터의 결합

조택동(충남대 기계설계공학과), 이효영*(충남대 대학원 기계설계공학과)

The Alignment of Measuring Data using the Pattern Matching Method

T. D. Cho(Mech. Design Eng. Dept., CNU), H. Y. Lee(Mech. Design Eng. Dept., CNU)

ABSTRACT

The measuring method of large object using the pattern matching is discussed in the paper. It is hard and expensive to get the complete 3D data when the object is large or exceeds the limit of measuring devices. The large object is divided into several smaller areas and is scanned several times to get the data of all the pieces. These data are aligned to get the complete 3D data using the pattern matching method. The point pattern matching method and transform matrix algorithm are used for aligning. The laser slit beam and CCD camera is applied for experimental measurement. Visual C++ on Windows 98 is implemented in processing the algorithm.

Key Words · Pattern matching (패턴 매칭), Coordinate Measuring Machine(3차원 측정기), Image Processing(영상 처리), CCD(Charge Coupled Device), Point matching

1. 서론

주철과 주조 산업에서 형상이 복잡한 자유곡면형상의 제품은 컴퓨터를 이용한 직접 모델링 방법보다는 점도, 석고 등으로 물리적인 모델을 만들고 모방함으로써 가공하게 된다. 그러나 이러한 카피링 방법은 물리적인 모델을 측정하여 물체를 재구성하는 것은 최근에 중요성이 증가하고 있다. 역공학(Retrieve Engineering)은 이러한 측면에서 매우 유용한 도구이다 또한 가공 후에 제대로 가공이 이루어졌는지를 검사하는 것을 자동화하기 위한 노력으로 비전 시스템이나 측정장비를 이용하고 있다 이러한 역공학이나 검사 시스템의 가장 기본이 되는 것이 측정장비이며 현재 3차원 측정장비 및 기술에 대하여 계속적으로 개발하고 있는 단계이다¹⁾²⁾

현재 측정장비들은 여러 산업분야에서 그 필요성이 대두되고 있으며 특히 가공 자동화나 가공 후 검사 시스템에 많이 사용되고 있다²⁾ 그러나 현재의 측정 시스템들은 어느 정도의 큰 물체의 측정을 하기 위해서는 아직 어려운 점들이 발생하게 된다 항공기나 선박과 같은 큰 물체의 측정시에는 측정 장비를 이동하면서 측정해야 하는데 이런 경우 이동하면서 발생하는 오차가 발생하게 된다.

그리하여 본 연구에서는 레이저 슬릿빔과 CCD 카메라를 이용한 측정장비에서 측정 범위를 벗어나는 큰 물체의 측정을 위해 물체를 여러 부분으로 나누어서 측정한 다음 이를 하나로 합치는 방법을 제시한다 본 연구에서 사용한 방법은 한 번에 측정되는 영상에서 일정한 패턴을 이용하여 두 데이터간의 결합 정보를 추출하여 하나의 데이터로 합치게 된다. 이러한 방법은 측정장비를 움직이더라도 측정장비의 위치 정보를 저장할 필요 없이 영상 위의 패턴의 위치와 모양으로부터 여러 개의 측정 데이터를 하나로 합칠 수 있다. 또한 측정 장비를 움직이는 경우 움직일 때마다 오차의 누적이 생기게 되는 데 비하여 패턴매칭을 이용한 경우는 오차의 누적이 발생하지 않는다.

2. 영상처리

본 연구에서는 큰 물체를 측정하기 위하여 물체를 여러 부분으로 나누어서 측정한 다음에 이를 하나의 데이터로 합성하는 방법을 이용한다 그러기 위해서는 먼저 각각의 측정 부분을 측정할 때 그 때에 포함되는 패턴 영상을 추출하여 측정 데이터와 함께 저장하고 모든 부분의 스캔이 끝난 다음 이들

데이터를 이용하여 각각의 패턴에서 특징점을 추출하여 매칭을 수행한다. 이로부터 데이터의 변환정보를 얻어 이 정보를 가지고 영상을 결합하는 방법을 적용한다.

2.1 패턴부의 추출

부분 영역의 측정시 스캔 영역에 나타나는 패턴을 추출하여 저장한다. 일반적으로 영상을 스캔하는 과정에서 패턴은 여러 번 나타나게 된다. 그러나 정확한 패턴 매칭을 수행하기 위해서는 레이저 슬릿빔과 교차하거나 영상의 테두리 부분에 겹치는 불완전한 패턴 영상이 아닌 완전한 패턴 영상을 얻어야 한다. 본 연구에서 패턴을 추출하는 방법은 영상의 픽셀수에 근거한 방법을 이용한다. 패턴의 크기가 일정하다고 하면 영상에 나타나는 패턴의 픽셀수도 높이의 변화나 측정면의 변화가 심하지 않은 경우 픽셀수의 변화가 크지 않으리라 가정하고 이를 바탕으로 임계값에 의하여 배경 영상을 제외한 부분의 픽셀수를 측정하여 일정한 범위 안에 들어오면 제대로 된 패턴으로 여겨 추출하게 된다.

2.2 잡음제거 및 세션화

영상에서 패턴을 추출하거나 추출된 패턴에서 특징점을 추출할 때 정확한 패턴과 특징점을 추출하기 위해서는 먼저 알맞은 영상처리를 통하여 카메라 영상을 통하여 발생하는 잡음을 제거해야 하고 특징점을 추출하기 위해서는 패턴의 외곽선을 추출하여야 한다. 그리하여 본 연구에서의 잡음은 점 형태로 된 잡음이 많기 때문에 기존의 압축, 확장 잡음제거 알고리즘을 통하여 패턴부분의 손실 없이 잡음을 제거하였으며, 패턴의 특징점을 추출하기 위해서는 패턴의 외곽선이 필요하므로 세션화 알고리즘을 통하여 패턴의 외곽선을 추출하여 특징점 추출에 사용한다. 세션화는 일반적으로 사용하는 머분 마스크를 이용하여 수행한다.

3. 패턴매칭

3.1 패턴의 선정

패턴의 매칭이 쉬우면서 변형에도 특징부분의 변형이 적어 특징 부분을 추출하기 쉬운 모양과 배경색 그리고 레이저 슬릿빔과 잘 구분될 수 있는 색을 정해야 한다. 본 논문에서는 이러한 점을 고려하여 세 번의 길이가 모두 다른 직각삼각형을 패턴의 모양을 기본으로 하고 이 패턴의 특징점은 꼭지점으로 하였다. 이런 특징점들의 추출을 쉽게 하기 위하여 꼭지점 부분에 곡률이 큰 모양이 되도록 패턴을 약간 수정하여 선정하였다. 패턴의 색은 짙은 파란색으로 하였다. 다음의 Fig. 1은 본 논문에서 사용한 패

턴의 모양을 나타낸 그림이다



Fig 1 The pattern

3.2 특징점 추출

패턴을 추출하고 영상처리를 한 다음 실제로 두 측정 데이터간의 결합을 위해서는 두 데이터간의 회전과 이동 정보 그리고 크기 변환 정보를 얻어야 한다. 이러한 정보를 얻기 위해서 패턴 매칭을 수행하게 되는데 본 연구에서는 패턴 매칭 방법을 점 매칭 방법을 이용하여 수행하였다. 이런 점 매칭을 수행하기 위해서는 패턴의 특징점들을 추출하여 이 추출된 특징점들을 이용하게 된다. 본 논문에서 선정된 패턴의 특징점은 각 모서리의 꼭지점으로 하였으며 이 패턴에서 이 꼭지점들을 추출해야 한다. 꼭지점들을 추출하는 방법은 영상처리에서 얻은 외곽선 데이터를 이용하여 외곽선의 곡률 변화가 가장 많은 부분 세 부분을 추출하여 특징점으로 선정하였다.

추출된 특징점들은 패턴 매칭에 사용되기 위해서는 특징 점들의 매칭 순서를 정해야 한다. 매칭은 서로 대응되는 특징점들간에 수행하게 되므로 패턴에서 같은 모서리에 위치한 특징점들간의 매칭을 수행해야만 정확한 변환정보를 찾을 수가 있다. 그렇지 않으면 매칭의 결과가 정확하지 않게 된다. 그리하여 본 연구에서는 특징점들의 순서를 정하기 위하여 특징점들간에 거리정보를 이용한다. 특징점 세점 중 거리가 가장 먼 점을 하나 선정하고 그 점에서 거리가 가까운 점을 순서대로 찾아서 순서를 정한다.

3.3 매칭 알고리즘

두 측정 데이터를 하나의 데이터로 합치기 위해서는 두 데이터간의 이동 및 회전 정보 그리고 크기 정보를 알아야 한다. 이러한 정보를 얻기 위하여 패턴 매칭을 이용한다. 본 연구에서는 패턴 매칭의 방법 중 점 매칭 방법을 이용하여 매칭을 수행하고 변환정보를 추출하였다. 두 개의 측정 데이터에서 각각 3개씩의 특징점을 얻을 수 있다. 이 특징점들 중 각각의 데이터에서 두 개씩 총 4개의 점 데이터를 다음의 식(1)에 적용하면 회전과 이동 그리고 크기 변화에 대한 정보를 얻을 수 있다³⁾ 4개의 점을 이용하면 4개의 식을 가진 연립방정식을 얻을 수 있고 찾고자 하는 정보가 4개이므로 원하는 정보를 모두

찾을 수 있다.

$$\begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_d \\ Y_d \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} s \cos \theta & -s \sin \theta \\ s \sin \theta & s \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

여기서 X_d 와 Y_d 는 각각 x 축과 y 축에 대한 이동 변환값이며 θ 는 회전 변환값, s 는 크기 변환값이다. 이런 방법으로 얻은 정보는 특징점 2개씩을 매칭하여 얻은 변환값이므로 서로 매칭하고자 하는 특징점들의 순서가 바뀐 경우에는 실제의 변환정보와는 다른 정보가 생성되게 되므로 매칭하는 특징점들의 순서가 정확한 경우에는 이동 및 회전 정보를 정확히 얻을 수 있지만 그렇지 않은 경우에는 데이터의 정확성을 보장하기 어렵다. 앞에서 특징점을 추출하고 거리정보를 이용하여 특징점들의 순서를 정하였지만 정확성을 확실하게 하기 위하여 한 쌍의 점을 이용하여 얻은 정보가 정확한지를 확인한다. 구한 정보가 정확하지 않은 경우는 앞에서 정한 특징점간의 매칭 순서를 변화한 다음 반복 수행하여 정확한 변환 정보를 얻어낸다. 다음의 Fig. 2는 패턴부 추출 알고리즘과 패턴 매칭 알고리즘을 흐름도로 나타낸 것이다.

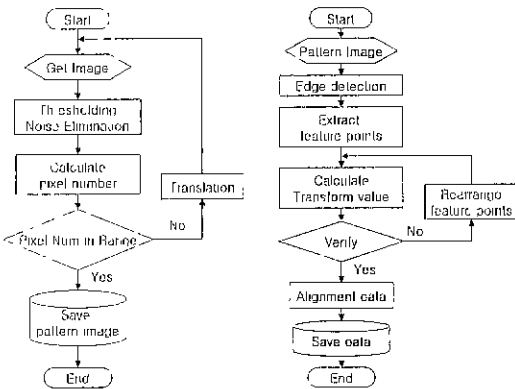


Fig 2 The flow chart of the extraction of a pattern image and the pattern matching

4. 실험 및 결과

측정부와 구동부로 구성되는 시스템을 구성하고 영상처리 및 패턴 매칭을 프로그램으로 구현하여 다음과 같이 실험하였다.

4.1 시스템의 구성

측정부는 레이저 슬릿빔과 CCD 카메라를 이용하여 영상을 측정하는 부분이며 구동부는 스텝 모터를 이용하여 레이저와 카메라를 이동시키면서 물체를 스캔하는 부분이다. Fig. 3은 시스템의 개략적인 구

성도를 보여 준다. 구성된 시스템의 측정범위는 130 mm × 70 mm이고 CCD카메라는 640 × 480의 칼라영상을 반환한다.

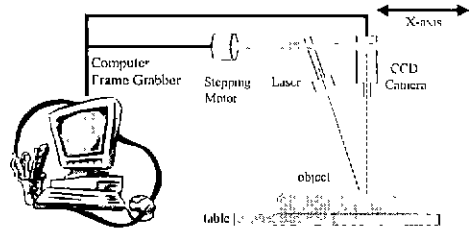


Fig 3 The diagram of the system

4.2 형상측정

본 연구에서 사용된 측정 형상은 150mm × 35mm × 25mm($l \times w \times h$)의 육면체의 형상을 사용하였다. 육면체 형상에서 평평한 면에 패턴을 입히고 측정하게 된다. 다음의 Fig. 4는 측정하여 얻은 영상의 모습을 보여준다.

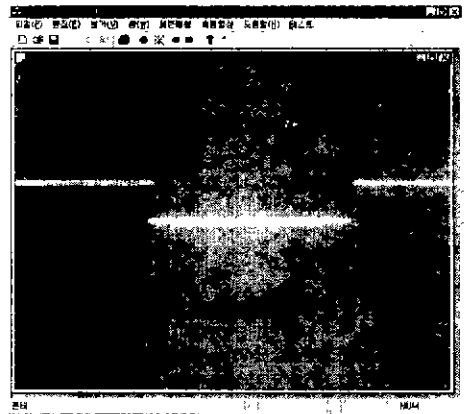
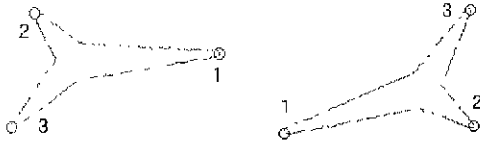


Fig. 4 The picture of the scan image

4.3 패턴 추출 및 전처리

평면 형상에 패턴을 입힌 다음 패턴을 추출하고 잡음제거와 세선화를 통하여 특징점을 추출한다. 패턴을 추출할 때에 사용된 경계값은 실험에 의하여 결정하였으며, 경계값을 55로 하여 55보다 작은 광강도를 가지는 부분을 추출하였다. 이 추출된 영상의 잡음을 제거하기 위하여 압축과 팽창 마스크를 이용하였으며, 패턴의 외곽선을 추출하기 위하여 비분 마스크를 이용하였다. 추출된 외곽선 데이터를 이용하여 외곽선에서 곡률의 변화가 가장 심한 세 개의 점을 찾아 특징점을 추출하였다. Fig 5는 두 개의 영상에서 각각 세 개의 특징점들을 추출한 결과를 보여준다. 또한 번호는 선택된 특징점의 순서를 결정하는 것이다.



(a) The first image (b) The second image
Fig. 5 Feature points of the image

4.4 패턴 매칭

위에서의 식(1)과 특징점들을 이용하여 변환정보를 구하게 되고 이 변환정보를 이용하여 최종적으로 두 개의 데이터를 하나로 합치게 된다.

위에서 언급된 식과 특징점들을 이용하여 변환정보를 얻었다 이번 실험에서 나온 변환 정보들의 결과는 다음과 같다

θ	-166.82°
s	0.999
X_d	167 pixel
Y_d	3477 pixel

다음의 Fig 6은 부분적으로 측정된 두 개의 데이터이다. (a)는 첫 번째 영역을 스캔하여 얻은 형상 데이터이며 (b)는 두 번째 영역을 스캔하여 얻은 형상 데이터이다



(a) First measured data (b) Second measured data
Fig. 6 The measured data for the flat shape

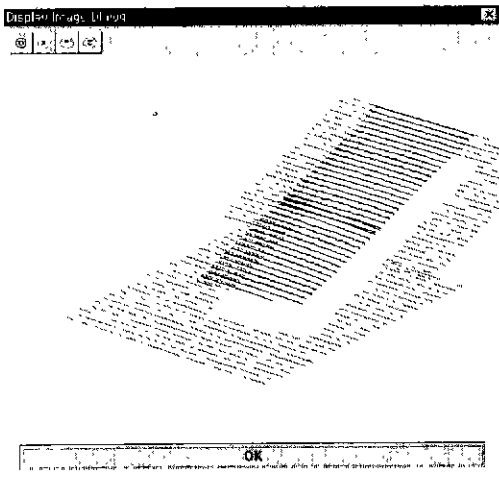


Fig. 7 The alignment result for the two data

이 변환값을 이용하여 위의 두 데이터를 하나로 합친 결과가 Fig. 7과 같이 나타난다 두 개의 데이터가 하나의 측정 데이터로 복원된 것을 볼 수 있다. 데이터의 결합은 회전에 의하여 두 개의 정보가 겹쳐지게 되므로 스캔된 방향이 틀리기 때문에 서로 스캔 데이터가 방향이 일치하지 않는 것을 볼 수가 있으며, 패턴이 있던 부분에서 측정 데이터가 겹치게 된다 Fig. 7에서도 가운데 부분에서 데이터가 겹쳐진 부분을 볼 수 있다.

5. 결론

레이저와 CCD 카메라를 이용하여 측정시스템을 구성하고 Windows 98 상에서 Visual C++을 이용하여 알고리즘을 구현한 다음 실험하여 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 평면 형상에 있는 패턴의 특징점을 추출하여 패턴매칭에 이용할 수 있었다. 또한 곡물에 의한 특징점 추출 방법을 이용한 방법이라도 곡률이 아주 심하게 변하는 곡면이 아니라면 이 방법을 곡면 형상에도 동일한 방법으로 적용할 수 있다

2. 추출된 특징점을 이용하여 영상의 변환 정보를 얻을 수 있었다

3. 패턴 매칭 방법을 이용하여 측정 데이터의 결합을 수행하여 좋은 결과를 얻을 수 있었다

향후 연구과제로는 단순히 평면상에서의 회전이 아닌 3차원 공간상에서의 회전정보를 얻을 수 있는 방법에 대하여 연구가 필요하리라 생각되며 아직 정밀도에 대한 연구가 미비하므로 이에 대한 연구가 필요하리라 생각된다.

후기

본 연구는 충남대학교의 자체연구비를 지원 받아 수행한 연구의 중간 결과입니다

참고문헌

1. Lin Chi-Fang and Lin Chih-Yang, "A new approach to high precision 3-D measuring system," Image and Vision Computing, Vol. 17, pp 805-814, 1999.
2. 주병권, "3차원 비접촉 측정 및 자유곡면 모델링," 충남대학교, 석사학위 논문, 1999
3. Fang-Hsuan Cheng, "Point pattern matching algorithm invariant to geometrical transformation and distortion," Pattern Recognition Letters, Vol. 17, pp. 1429-1435, 1996